Editora Bernoulli

BIOLOGIA

Volume 01

Sumário - Biologia

Frente A

Frente B

Frente C

Frente D

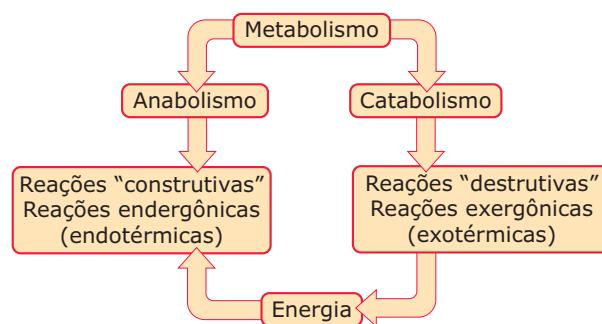
BIOLOGIA

MÓDULO 01 FRENTE A

Composição química dos seres vivos: água e sais minerais

Dos mais de cem tipos diferentes de elementos químicos existentes, pouco mais de 20 são encontrados na formação da matéria viva, entre os quais há uma predominância de **carbono**, **hidrogênio**, **oxigênio** e **nitrogênio**. Esses quatro elementos são os mais abundantes no ser vivo, constituindo 95% ou mais de sua massa. Outros elementos, como fósforo, enxofre, cálcio, sódio, potássio, etc. completam o restante da massa.

Os átomos dos diferentes elementos químicos encontrados nos seres vivos podem associar-se uns aos outros, formando estruturas mais complexas, as moléculas, como também podem dissociar-se, formando os íons.

Moléculas e íons são encontrados formando as **substâncias** (**compostos químicos**), que podem ser subdivididas em dois grupos: **substâncias inorgânicas** e **substâncias orgânicas**.

Composição dos seres vivos	
Substâncias inorgânicas	**Substâncias orgânicas**
Água Sais minerais	Aminoácidos Proteínas Carboidratos Lipídios Nucleotídeos Ácidos nucleicos Vitaminas

Nos seres vivos, os átomos, as moléculas e os íons das diferentes substâncias, além de fazerem parte das estruturas que compõem o organismo, também participam de diversas reações químicas que ocorrem no interior de suas células, tecidos e órgãos. Um organismo vivo é, na realidade, um verdadeiro "laboratório químico", em que, a todo momento, ocorrem inúmeras reações indispensáveis à manutenção da vida.

Muitas dessas reações têm como objetivo formar novos compostos e construir novas estruturas, enquanto outras visam a liberar energia para possibilitar a realização de diversas atividades. Ao conjunto de todas essas reações que se passam numa estrutura viva, dá-se o nome de **metabolismo** (do grego *metabolé*, mudança, transformação).

O metabolismo é responsável pela utilização e transformação da matéria no organismo e pode ser subdividido em **anabolismo** e **catabolismo**.

- **Anabolismo** (do grego *anabolé*, erguer, construir) – Compreende as reações metabólicas "construtivas", isto é, que fabricam novas moléculas, permitindo, dessa maneira, a formação de novas estruturas necessárias ao crescimento, ao desenvolvimento e à reparação de partes lesadas. Por isso, o anabolismo também é chamado de **metabolismo plástico** ou **metabolismo de construção**. Um bom exemplo de reação anabólica é a síntese de proteínas que ocorre no interior das células, por meio da união de várias moléculas menores de aminoácidos.
  As reações do anabolismo são, em geral, endergônicas (endotérmicas), pois a quantidade de energia contida nos produtos finais é maior que a existente nos reagentes. Isso significa que, no decorrer da reação, houve absorção de energia do meio.
- **Catabolismo** (do grego *katabolé*, destruir, eliminar) – Compreende as reações metabólicas "destrutivas", isto é, reações de análise que degradam ("quebram") moléculas, transformando-as em unidades menores. Tais reações têm como finalidade principal liberar energia para as atividades vitais. A reação da glicólise (lise ou quebra da glicose), que ocorre durante o processo da respiração celular, é um bom exemplo de reação catabólica.
  As reações do catabolismo são exergônicas (exotérmicas), uma vez que a quantidade de energia contida nos produtos finais é menor que a existente nos reagentes. Isso significa que, no decorrer da reação, houve liberação de energia para o meio.

As reações do anabolismo quase sempre estão acopladas às do catabolismo, uma vez que a energia utilizada pelo anabolismo normalmente é proveniente das reações do catabolismo.

Muitas das reações metabólicas ocorrem em cadeia, ou seja, uma reação depende previamente da realização de outra(s), conforme mostra o esquema a seguir:

Reação 1 $A + B \rightarrow AB$ ⇒ **Reação 2** $AB + CD \rightarrow ABC + D$ ⇒ **Reação 3** $D + E \rightarrow DE$

Observe que, para ocorrer a reação 3, é preciso que anteriormente tenha ocorrido a reação 2, visto que um dos reagentes da reação 3 é um dos produtos da reação 2. Por sua vez, para ocorrer a reação 2, é preciso que, primeiramente, ocorra a reação 1, já que um dos reagentes da reação 2 é o produto da reação 1. Assim, se por algum motivo não ocorrer a reação 1, deixam de ocorrer também as reações 2 e 3.

ÁGUA

Entre todas as substâncias que compõem a massa de uma estrutura viva, a água é, com raras exceções, a mais abundante. Entretanto, sua taxa ou percentual na matéria viva não é a mesma em todos os organismos, variando de acordo com a espécie, a atividade metabólica e a idade. Num indivíduo adulto da espécie humana, por exemplo, a água corresponde a cerca de 65% da massa corporal; em determinadas espécies de fungos, também na fase adulta, a água representa cerca de 85% da massa; já nas medusas ("águas-vivas"), o teor de água pode chegar a 98%. A maior parte dessa água encontra-se no meio intracelular.

A água é indispensável para que ocorra o metabolismo, pois a grande maioria das reações metabólicas só ocorre em meio aquoso devido à propriedade da água de dissolver muitos dos reagentes, o que facilita a ocorrência das reações. Além disso, a própria água participa como reagente de importantes reações metabólicas. A taxa de água varia de maneira direta em relação à atividade metabólica, ou seja, quanto maior a atividade metabólica de uma célula, um tecido ou um órgão, maior deverá ser a taxa de água nessas estruturas.

De um modo geral, a taxa de água em um mesmo organismo varia de maneira inversa em relação à idade, ou seja, quanto maior a idade, menor será a taxa de água. Na espécie humana, por exemplo, a massa corporal de um feto de três meses é constituída por aproximadamente 94% de água; num recém-nascido, a taxa de água é de aproximadamente 70%, e, num indivíduo adulto, corresponde a cerca de 65%.

Além de ser um meio indispensável para a ocorrência do metabolismo, a água também ajuda no transporte de substâncias feito no interior do organismo e no transporte de catabólitos (produtos de excreção) do meio interno para o externo. Em nosso organismo, por exemplo, muitos dos nutrientes absorvidos no tubo digestório entram na corrente sanguínea e são transportados para diversas outras partes do nosso corpo dissolvidos na água do plasma sanguíneo. Muitos dos resíduos do nosso metabolismo celular também são excretados (eliminados para o meio externo), dissolvidos na água. Isso acontece, por exemplo, com a ureia (resíduo do metabolismo proteico), que é eliminada dissolvida na água existente em nossa urina. Podemos dizer, então, que a água também atua como veículo de excreção.

Muitas vezes, a água também tem um papel de lubrificante, ajudando a diminuir o atrito entre diversas estruturas do organismo. Em nossas articulações móveis, por exemplo no cotovelo, existe um líquido chamado de sinovial, que é constituído basicamente de água e cuja função é a de diminuir o atrito nessas regiões, facilitando, assim, o deslizamento de uma superfície óssea sobre a outra.

A água também ajuda na termorregulação (regulação térmica). O elevado calor de vaporização e o elevado calor específico da água são propriedades que fazem com que ela exerça importante papel de moderador de temperatura nos seres vivos. Um exemplo é a evaporação da água por meio de superfícies (pele, folhas, etc.) de organismos terrestres, que ajuda a manter a temperatura corporal dentro de uma faixa de normalidade compatível com a vida. Como tem alto calor de vaporização, a água, quando evapora, absorve ou retira grande quantidade de calor dessas superfícies, resfriando-as. Essa situação normalmente acontece em nosso organismo quando a água contida no suor sofre evaporação. Assim, quando a temperatura do ambiente ultrapassa determinados valores ou quando o corpo esquenta (devido a exercícios físicos mais intensos, por exemplo), as nossas glândulas sudoríparas são estimuladas a produzir e eliminar mais suor. A água contida no suor evapora, roubando calor da nossa pele e contribuindo, dessa maneira, para abaixar a nossa temperatura corporal. Isso evita que temperaturas internas mais altas comprometam nossas atividades metabólicas normais. A água é a principal substância que atua na manutenção da nossa temperatura corporal.

Como desempenha importantes funções no organismo, é fácil compreender por que os seres vivos precisam manter um equilíbrio hídrico no meio interno, isto é, manter a taxa de água estável no interior de suas células, tecidos e órgãos. Para manter esse equilíbrio, a água perdida ou eliminada para o meio externo através da urina, das fezes, da transpiração, da respiração e de outros processos fisiológicos precisa ser reposta, para proteger o organismo de uma desidratação excessiva (perda excessiva de água).

A elevada taxa de água existente nos seres vivos e a dependência metabólica para com ela podem ser uma consequência da própria origem da vida em nosso planeta. Uma das hipóteses mais aceitas atualmente pela comunidade científica admite que as primeiras formas de vida surgiram nos oceanos primitivos há cerca de 3,5 bilhões de anos. Portanto, de acordo com essa hipótese, foi no meio aquoso que ocorreram certas reações químicas que culminaram com o surgimento dos primeiros seres vivos. Assim, a dependência da água para que ocorressem essas reações teria persistido com o decorrer da evolução (transformação e formação de novas espécies) nas unidades fundamentais dos seres vivos, isto é, nas suas células. Como se trata de uma hipótese, podemos aceitá-la ou não. Entretanto, não podemos negar o fato de que a vida, tal como a conhecemos em nosso planeta, não pode existir sem água. A vida depende das reações metabólicas, e tais reações dependem da água.

SAIS MINERAIS

Representando em média de 3 a 5% da massa dos seres vivos, os minerais podem ser encontrados na matéria viva sob a forma insolúvel, imobilizados em estruturas esqueléticas, como também sob a forma solúvel, dissolvidos na água e dissociados em íons.

Os animais normalmente os obtêm por meio da ingestão de alimentos e de água (que também apresenta certa taxa de minerais dissolvidos). Os vegetais normalmente os obtêm absorvendo-os do meio juntamente com a água.

Dentre os diversos minerais encontrados nos seres vivos, destacam-se:

Cálcio (Ca)

Sob a forma de sal insolúvel, é encontrado dando rigidez às estruturas esqueléticas (ossos, dentes, conchas de moluscos, casca de ovos, etc.). No corpo humano, o cálcio é o mineral mais abundante, constituindo cerca de 1,5% do total da nossa massa corporal, e a maior parte dele é encontrada nos ossos sob a forma de fosfato de cálcio. Por isso, a carência desse elemento na infância pode comprometer a formação normal dos ossos, caracterizando um quadro conhecido por **raquitismo** (ossos tortuosos e fracos). Nos adultos, a sua carência pode causar **osteoporose** (ossos fracos).

Sob a forma iônica (Ca^{++}), o cálcio participa de importantes reações do metabolismo, como as da **coagulação sanguínea** e **contração muscular**. Taxas reduzidas desse íon no plasma sanguíneo (hipocalcemia) podem trazer como consequência um retardamento da coagulação do sangue e um mau funcionamento dos músculos. Os íons Ca^{++} também são necessários para a transmissão de impulsos nervosos.

Leite e derivados (queijo, iogurte, etc.), grãos de cereais, legumes, nozes e sardinha são exemplos de alimentos ricos em cálcio.

Fósforo (P)

Juntamente com o cálcio, sob a forma de fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$, participa da formação de estruturas esqueléticas. Na forma de íon fosfato (PO_4^{3-}), participa da formação das moléculas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e do ATP.

Leite e derivados, carnes, peixes e cereais são alimentos ricos em fósforo.

Ferro (Fe)

Os sais de ferro são importantes porque fornecem o íon Fe^{++}, que entra na constituição de importantes moléculas proteicas, como os citocromos e a hemoglobina. Os citocromos atuam como transportadores de elétrons nas reações da cadeia respiratória da respiração celular aeróbia e nas reações de fotofosforilações da fotossíntese. A hemoglobina, existente no sangue de muitos animais, tem como principal função transportar o oxigênio (O_2) no organismo. A carência de ferro acarreta uma diminuição da taxa normal de hemoglobina, caracterizando um tipo de anemia conhecida por anemia ferropriva.

Carnes, vísceras (fígado, rim, coração, etc.), espinafre, couve, brócolis, feijão e ervilha são exemplos de alimentos ricos em sais de ferro.

Magnésio (Mg)

Sob a forma iônica (Mg^{++}), participa das reações de fosforilação que sintetizam o ATP e da formação de algumas enzimas. Nas plantas, entra na constituição das moléculas de clorofila, substância responsável pela absorção da luz necessária à realização da fotossíntese.

Carnes, cereais e vegetais verdes, em geral, são importantes fontes de magnésio.

Sódio (Na)

Sob a forma de Na^+, é essencial para a condução dos impulsos nervosos. Também exerce papel importante na manutenção do equilíbrio hídrico ou osmótico das células. O cloreto de sódio ($NaC\ell$), também conhecido por sal de cozinha, muito utilizado como tempero em nossa culinária, é uma das principais fontes desse elemento para o nosso organismo.

Potássio (K)

Assim como o sódio, os íons K^+ têm importante papel na condução dos impulsos nervosos e na manutenção do equilíbrio hídrico. Ao contrário dos íons Na^+, a concentração dos íons K^+ é maior no meio intracelular.

Carnes, leite e muitos tipos de frutas (banana, por exemplo) são importantes fontes de potássio.

Cloro ($C\ell$)

O $C\ell^-$ é outro íon que desempenha importante papel no equilíbrio hídrico. Além disso, no estômago de muitos animais, participa da formação do $HC\ell$ (ácido clorídrico). O $HC\ell$ é um dos componentes do suco gástrico, secreção que atua na digestão de determinados tipos de alimentos, em especial aqueles que são ricos em proteínas.

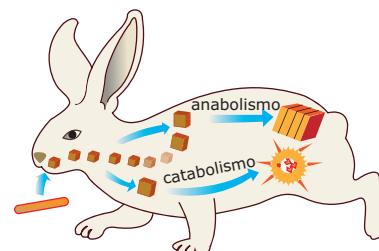
O sal de cozinha é uma importante fonte de cloro para o nosso organismo.

Iodo (I)

Entra na constituição de hormônios tireoidianos, produzidos pela glândula tireoide. Essa glândula localiza-se na base do pescoço (na frente da traqueia) e produz os hormônios T_3 (tri-iodotironina) e T_4 (tetraiodotironina ou tiroxina), que estimulam as reações do metabolismo em todo o corpo (metabolismo geral). Para produzir esses hormônios, a tireoide necessita de iodo, o que torna imprescindível a utilização de sais de iodo na nossa alimentação.

Os alimentos mais ricos em sais de iodo são aqueles vindos do mar (peixes, crustáceos, moluscos, algas), como também os vegetais terrestres, uma vez que eles absorvem sais de iodo do solo, junto com a água. Os solos mais ricos em iodo são os que estão localizados mais próximos do litoral. Solos mais afastados do litoral e os de regiões montanhosas são mais pobres em sais de iodo e, consequentemente, os vegetais que aí crescem também são pobres em iodo.

A falta de sais de iodo em nosso organismo ocasiona o mau funcionamento da tireoide, que passa, então, a produzir taxas menores de hormônios, caracterizando um quadro conhecido por hipotireoidismo. No hipotireoidismo, além de ocorrer uma redução das atividades metabólicas do organismo, pode ocorrer a formação do bócio ("papeira", "papo"), que consiste no aumento exagerado do volume da tireoide. Para evitar o bócio, que ocorria de forma endêmica (constante) em algumas áreas do nosso país, tornou-se obrigatório, por lei, que as indústrias de sal de cozinha acrescentassem ao seu produto certo percentual de iodo.

Cobre (Cu)

Na forma iônica (Cu^{++}), faz parte da molécula de hemocianina, pigmento respiratório de cor azul, encontrado no sangue de alguns animais (crustáceos e moluscos, por exemplo), cuja função é fazer o transporte de oxigênio no organismo.

Flúor (F)

Importante para a formação dos ossos e do esmalte dos dentes. É encontrado na água e em alguns alimentos (peixes, chás). Em regiões onde o teor de flúor na água destinada ao consumo da população é baixo, deve-se adicioná-lo à água potável nas estações de tratamento (fluoretação) para reduzir a incidência da cárie dental. O excesso de flúor, entretanto, acarreta a fluorose, doença que provoca lesões ósseas e manchas nos dentes.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UEG-GO–2006) O esquema a seguir ilustra algumas etapas do metabolismo animal.

Tendo em vista as características do metabolismo, analise as afirmativas:

I. O catabolismo se caracteriza como metabolismo construtivo, no qual o conjunto de reações de síntese será necessário para o crescimento de novas células e a manutenção de todos os tecidos, ao contrário do anabolismo.

II. Uma parte do alimento ingerido é levada para a célula, onde é quebrada e oxidada, transformando-se em moléculas menores, processo chamado de respiração celular, no qual é produzida a energia necessária às diversas transformações que ocorrem no organismo.

III. Os seres vivos retiram constantemente matéria e energia do ambiente, adquirindo novas moléculas que serão utilizadas na reconstrução do corpo, permitindo o crescimento e desenvolvimento do organismo.

Marque a alternativa **CORRETA**.

A) Apenas as proposições I e III são verdadeiras.

B) Apenas a proposição II é verdadeira.

C) Apenas as proposições II e III são verdadeiras.

D) Apenas a proposição III é verdadeira.

02. (UFPR–2008) A água apresenta inúmeras propriedades que são fundamentais para os seres vivos. Qual, dentre as características a seguir relacionadas, é uma propriedade da água de importância fundamental para os sistemas biológicos?

A) Possui baixo calor específico, pois sua temperatura varia com muita facilidade.

B) Suas moléculas são formadas por hidrogênios de disposição espacial linear.

C) Seu ponto de ebulição é entre 0 e 100 ºC.

D) É um solvente limitado, pois não é capaz de se misturar com muitas substâncias.

E) Possui alta capacidade térmica e é solvente de muitas substâncias.

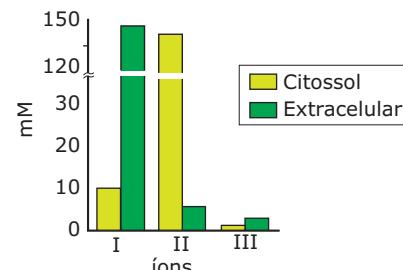
03. (UFF-RJ) A taxa de água varia em função de três fatores básicos: atividade do tecido ou órgão (a quantidade de água é diretamente proporcional à atividade metabólica do órgão ou tecido em questão); idade (a taxa de água decresce com a idade) e a espécie em questão (o homem 65%, fungos, 83%, celenterados, 96%, etc.). Baseando nesses dados, o item que representa um conjunto de maior taxa hídrica é:

A) Coração, ancião, cogumelo.

B) Estômago, criança, abacateiro.

C) Músculo da perna, recém-nascido, medusa.

D) Ossos, adulto, "orelha-de-pau".

E) Pele, jovem adolescente, coral.

04. (UFRGS) Associe os elementos químicos da coluna da esquerda com as funções orgânicas da coluna da direita.

1. Magnésio	( ) Formação do tecido ósseo.
2. Potássio	( ) Transporte de oxigênio.
3. Iodo	( ) Assimilação de energia.
4. Cálcio	( ) Luminosa.
5. Sódio	( ) Equilíbrio de água no corpo.
6. Ferro	( ) Transmissão de impulso nervoso.

A sequência numérica **CORRETA**, de cima para baixo, na coluna da direita, é

A) 4 – 3 – 1 – 5 – 2.

B) 5 – 6 – 3 – 4 – 1.

C) 4 – 6 – 1 – 5 – 2.

D) 5 – 4 – 3 – 6 – 1.

E) 6 – 4 – 2 – 3 – 1.

05. (UFF-RJ–2009) Os sais minerais são de importância vital para o bom funcionamento de diversos processos fisiológicos, sendo necessária a reposição da concentração de cada íon para que seja mantida a homeostasia do organismo. O gráfico e a tabela a seguir mostram a concentração e algumas atividades biológicas de três íons em seres humanos.

Atividade biológica	Íon envolvido
Condução nervosa	I, II
Contração muscular	III
Coagulação	III

Analisando o gráfico e a tabela, pode-se afirmar que os íons representados por I, II e III são, respectivamente,

A) Ca^{+2}, Na^+ e K^+

B) Na^+, K^+ e Ca^{2+}

C) K^+, Ca^{2+} e Na^+

D) K^+, Na^+ e Ca^{2+}

E) Na^+, Ca^{2+} e K^+

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC-RS) Recentes descobertas sobre Marte, feitas pela NASA, sugerem que o Planeta Vermelho pode ter tido vida no passado. Essa hipótese está baseada em indícios

A) da existência de esporos no subsolo marciano.

B) da presença de uma grande quantidade de oxigênio em sua atmosfera.

C) de marcas deixadas na areia por seres vivos.

D) da existência de água líquida no passado.

E) de sinais de rádio oriundos do planeta.

02. (PUC Rio) A água será o bem mais precioso neste século por ser essencial aos seres vivos. Indique a alternativa que apresenta a afirmativa **CORRETA** sobre esse líquido.

A) A atividade metabólica de uma célula está diretamente relacionada à condição de hidratação dessa célula.

B) Os seres aquáticos obtêm o oxigênio necessário para sua respiração a partir da molécula de água.

C) Os seres terrestres não dependem da água para sua reprodução, respiração e metabolismo.

D) A água só dissolve as moléculas celulares, mas não participa das atividades celulares.

E) A água tem baixo calor específico e, por isso, não consegue absorver o excesso de calor produzido no corpo, provocando produção de suor.

03. (PUC Minas) As reações de análise que ocorrem no organismo e que comumente liberam energia são reunidas sob a designação de

A) anabolismo.
B) hemibalismo.
C) catabolismo.
D) proteolismo.
E) metabolismo.

04. (PUC Rio) Para a realização de alguns processos fisiológicos, o organismo humano tem necessidade de íons de cálcio. Entre os mecanismos que dependem diretamente desses íons para sua realização, tem-se

A) excreção de toxinas e atividades da tireoide.
B) digestão de alimentos básicos e respiração.
C) coagulação do sangue e contração muscular.
D) atividade neurológica e oferta de O_2 às células.
E) crescimento dos ossos e atividade da hipófise.

05. (FCMSC-SP) Pode-se dizer **CORRETAMENTE** que o teor de água nos tecidos dos animais superiores

A) é maior quanto maior o seu metabolismo e diminui com o aumento da idade.
B) é maior quanto maior o seu metabolismo e aumenta com o aumento da idade.
C) é maior quanto menor o seu metabolismo e diminui com o aumento da idade.
D) é maior quanto menor o seu metabolismo e aumenta com o aumento da idade.
E) apresenta variações diferentes das citadas nas alternativas anteriores.

06. (FMU-SP) Os sais minerais possuem funções diversificadas, podendo existir, nos seres vivos, dissolvidos em água, sob a forma de íons, ou imobilizados como componentes de esqueletos. Assim sendo, podemos dizer que, dos sais minerais encontrados sob a forma de íon,

A) o cálcio está presente na clorofila e é indispensável para que ocorra o processo de fotossíntese.
B) o sódio apresenta-se sempre em concentrações maiores dentro da célula do que fora dela.
C) o ferro está presente na hemoglobina, molécula responsável pelo transporte de oxigênio no organismo.
D) o magnésio é um íon indispensável na transferência de energia nos processos metabólicos celulares.

07. (UFRN) Elementos que fazem parte da constituição das moléculas de ATP, clorofila e hemoglobina são, respectivamente,

A) magnésio, ferro e fósforo.
B) ferro, magnésio e fósforo.
C) fósforo, magnésio e ferro.
D) magnésio, fósforo e ferro.
E) fósforo, ferro e magnésio.

08. (UFMG) Devem constar na dieta humana íons correspondentes aos seguintes elementos químicos, **EXCETO**

A) cálcio.
B) cloro.
C) ferro.
D) sódio.
E) mercúrio.

09. (ACAFE-SC) A alternativa que apresenta a correspondência **ADEQUADA** é

	Sais minerais	Funções	Principais alimentos
A)	Magnésio	Forma a hemoglobina	Leite e frutas
B)	Ferro	Forma a clorofila	Cereais e hortaliças
C)	Cálcio	Forma ossos e dentes	Laticínios, hortaliças e folhas verdes
D)	Flúor	Faz parte dos hormônios	Fígado e legumes
E)	Iodo	Atua no trabalho dos nervos	Carne e ovos

10. (UNIFE-SP) Um ser humano tem de 40% a 60% de sua massa corpórea constituída por água. A maior parte dessa água encontra-se localizada

A) no meio intracelular.
B) no líquido linfático.
C) nas secreções glandulares e intestinais.
D) na saliva.
E) no plasma sanguíneo.

11. (UFSC) A água é a substância mais abundante na constituição dos mamíferos. É encontrada nos compartimentos extracelulares (líquido intersticial), intracelulares (no citoplasma) e transcelulares (dentro de órgãos como a bexiga e o estômago). Sobre a água e sua presença nos mamíferos, é **CORRETO** afirmar que

01. a quantidade em que é encontrada nos organismos é invariável de espécie para espécie.
02. com o passar dos anos, existe uma tendência de aumentar seu percentual em um determinado tecido.
04. é importante fator de regulação térmica dos organismos.
08. em tecidos metabolicamente ativos, é inexistente.
16. participa da constituição dos fluidos orgânicos que transportam substâncias dissolvidas por todo o corpo.
32. constitui meio dispersante para facilitar a realização das reações químicas.

Dê como resposta a soma dos números das afirmativas **CORRETAS**: ________

12. (UFG) Analise as afirmativas a seguir:

01. O íon potássio está relacionado com a condução dos impulsos nervosos.
02. O íon cálcio participa da composição do suco gástrico.
04. O íon sódio é encontrado no sangue, como componente das moléculas da hemoglobina.
08. O iodo é um dos componentes das moléculas da hemocianina, pigmento transportador de oxigênio presente no sangue dos crustáceos.
16. O íon magnésio tem grande importância para os seres vivos, pois faz parte das moléculas de numerosos pigmentos respiratórios, como a hemoglobina.
32. Em sua maioria, os sais minerais são insolúveis e formam pequenos cristais.

Dê como resposta a soma dos números das afirmativas **CORRETAS**: _______

13. (Unicamp-SP) A adição de iodo ao sal de cozinha foi estabelecida por lei governamental, após a análise da principal causa da elevada incidência de pessoas com bócio (também conhecido como papo ou papeira) no país. **EXPLIQUE**, do ponto de vista fisiológico, por que essa medida deu bons resultados.

14. (UFU-MG) A água é a substância que se encontra em maior quantidade no interior da célula. Isso se justifica pelos importantes papéis que exerce nos processos metabólicos.

A) Qual o papel da água na regulação térmica dos animais?

B) Por que pessoas desidratadas correm risco de morrer?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) A água é um dos componentes mais importantes das células. A tabela a seguir mostra como a quantidade de água varia em seres humanos, dependendo do tipo de células. Em média, a água corresponde a 70% da composição química de um indivíduo normal.

Tipo de célula	Quantidade de água
Tecido nervoso – substância cinzenta	85%
Tecido nervoso – substância branca	70%
Medula óssea	75%
Tecido conjuntivo	60%
Tecido adiposo	15%
Hemácias	65%
Coagulação	20%

Fonte: JUNQUEIRA, L.C. e CARNEIRO, J. *Histologia Básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985.

Durante uma biópsia, foi isolada amostra de tecido para análise em um laboratório. Enquanto intacta, essa amostra pesava 200 mg. Após secagem em estufa, quando se retirou toda a água do tecido, a amostra passou a pesar 80 mg. Baseado na tabela, pode-se afirmar que essa é uma amostra de

A) tecido nervoso – substância cinzenta.

B) tecido nervoso – substância branca.

C) hemácias.

D) tecido conjuntivo.

E) tecido adiposo.

02. (Enem–2000) *No Brasil, mais de 66 milhões de pessoas beneficiam-se hoje do abastecimento de água fluoretada, medida que vem reduzindo, em cerca de 50%, a incidência de cáries. Ocorre, entretanto, que profissionais de saúde muitas vezes prescrevem flúor oral ou complexos vitamínicos com flúor para crianças ou gestantes, levando à ingestão exagerada da susbtância. O mesmo ocorre com o uso abusivo de algumas marcas de água mineral que contêm flúor. O excesso de flúor – fluorose – nos dentes pode ocasionar desde efeitos estéticos até defeitos estruturais graves.*

Foram registrados casos de fluorose tanto em cidades com água fluoretada pelos poderes públicos como em outras abastecidas por lençóis freáticos que naturalmente contêm flúor.

APCD, *Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas*, v. 53, n. 1, jan-fev, 1999. (Adaptação).

Com base no texto e em seus conhecimentos sobre o assunto, analise as afirmações a seguir:

I. A fluoretação da água é importante para a manutenção do esmalte dentário, porém não pode ser excessiva.

II. Os lençóis freáticos citados contêm compostos de flúor em concentrações superiores às existentes na água tratada.

III. As pessoas que adquiriram fluorose podem ter utilizado outras fontes de flúor, além da água de abastecimento público, como cremes dentais e vitaminas com flúor.

Pode-se afirmar que apenas

A) I é correta.

B) II é correta.

C) III é correta.

D) I e III são corretas.

E) II e III são corretas.

03. (Enem–2009 / ANULADA) A água apresenta propriedades físico-químicas que a coloca em posição de destaque como substância essencial à vida. Dentre essas, destacam-se as propriedades térmicas biologicamente muito importantes, por exemplo, o elevado valor de calor latente de vaporização. Esse calor latente refere-se à quantidade de calor que deve ser adicionada a um líquido em seu ponto de ebulição, por unidade de massa, para convertê-lo em vapor na mesma temperatura, que no caso da água é igual a 540 calorias por grama.

A propriedade físico-química mencionada no texto confere à água a capacidade de

A) servir como doador de elétrons no processo de fotossíntese.
B) funcionar como regulador térmico para os organismos vivos.
C) agir como solvente universal nos tecidos animais e vegetais.
D) transportar os íons de ferro e magnésio nos tecidos vegetais.
E) funcionar como mantenedora do metabolismo nos organismos vivos.

GABARITO

Fixação

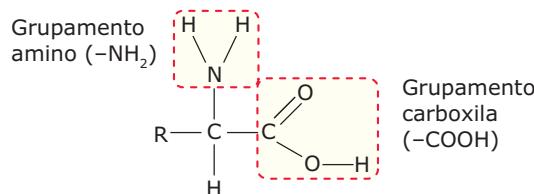
01. C
02. E
03. C
04. C
05. B

Propostos

01. D
02. A
03. C
04. C
05. A
06. C
07. C
08. E
09. C
10. A
11. Soma = 52
12. Soma = 1
13. O iodo é necessário para que a glândula tireoide produza seus hormônios. A falta de iodo é uma das causas do hipotireoidismo, anomalia em que a glândula, além de produzir pouco ou nenhum hormônio, pode se hipertrofiar, aumentando de volume e caracterizando o bócio. A medida de se acrescentar iodo ao sal de cozinha veio suprir a população com a quantidade de iodo necessária para o perfeito funcionamento da tireoide.
14. A) Como tem elevado calor específico, a água, ao receber ou perder energia (calor), sofre lentamente variação de temperatura, ou seja, a temperatura da água sobe muito lentamente (ao receber calor) e cai mais devagar (ao perder calor). Como também tem elevado calor de vaporização, a água, ao evaporar, retira calor da superfície externa do corpo dos seres vivos, ajudando a manter a temperatura corporal dentro de uma faixa de normalidade compatível com a vida.

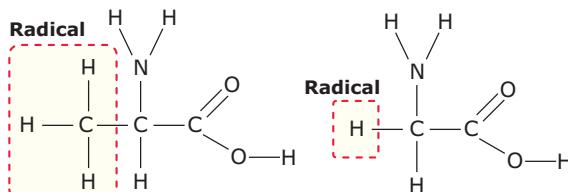
    B) A água é indispensável para a ocorrência das reações metabólicas. Assim, a desidratação traz como consequência uma redução de todo o metabolismo, além de diminuir o volume de líquidos circulantes (sangue), o que traz como consequência uma redução no transporte de oxigênio e nutrientes para os tecidos, bem como na eliminação dos catabólitos (ureia, por exemplo).

Seção Enem

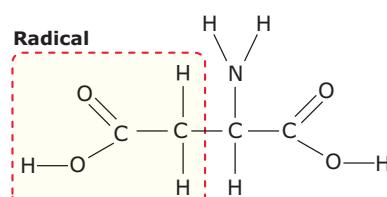
01. D
02. D
03. B

MÓDULO 02 | FRENTE A

BIOLOGIA

Composição química dos seres vivos: aminoácidos, proteínas e enzimas

AMINOÁCIDOS

Aminoácidos são compostos orgânicos que possuem em suas moléculas os grupamentos **amino (– NH_2) e carboxila (– COOH)**.

Grupamento amino (–NH_2)

Grupamento carboxila (–COOH)

Fórmula geral dos aminoácidos *– Observe que a molécula do aminoácido tem um átomo central de carbono (carbono α) ao qual se ligam um grupo amino (NH_2), um grupo carboxila (COOH), um hidrogênio (H) e um radical (R).*

A diferença entre os diversos tipos de aminoácidos é feita pelo radical. Veja os exemplos a seguir.

Aminoácido alanina (Ala)

Radical

Aminoácido glicina (Gli)

Radical

Aminoácido ácido aspártico (Asp)

Radical

Plantas e animais necessitam de diferentes tipos de aminoácidos para seu crescimento, desenvolvimento e sobrevivência. As plantas são capazes de fabricar em suas células e tecidos todos os tipos de aminoácidos de que necessitam. Os animais, por sua vez, conseguem fabricar no corpo apenas alguns tipos de aminoácidos. Os aminoácidos que os animais não conseguem sintetizar no próprio organismo precisam ser obtidos por meio da alimentação.

Assim, nos animais, os aminoácidos podem ser classificados em naturais e em essenciais.

- **Aminoácidos naturais (não essenciais, dispensáveis)** são aqueles que o organismo animal consegue fabricar em seu próprio corpo.
- **Aminoácidos essenciais (indispensáveis)** são aqueles que o animal não consegue sintetizar em seu próprio corpo e que, portanto, devem ser obtidos por meio da alimentação.

Classificar um aminoácido como natural ou essencial depende da espécie de animal, uma vez que um mesmo tipo de aminoácido pode ser natural para uma espécie e essencial para outra.

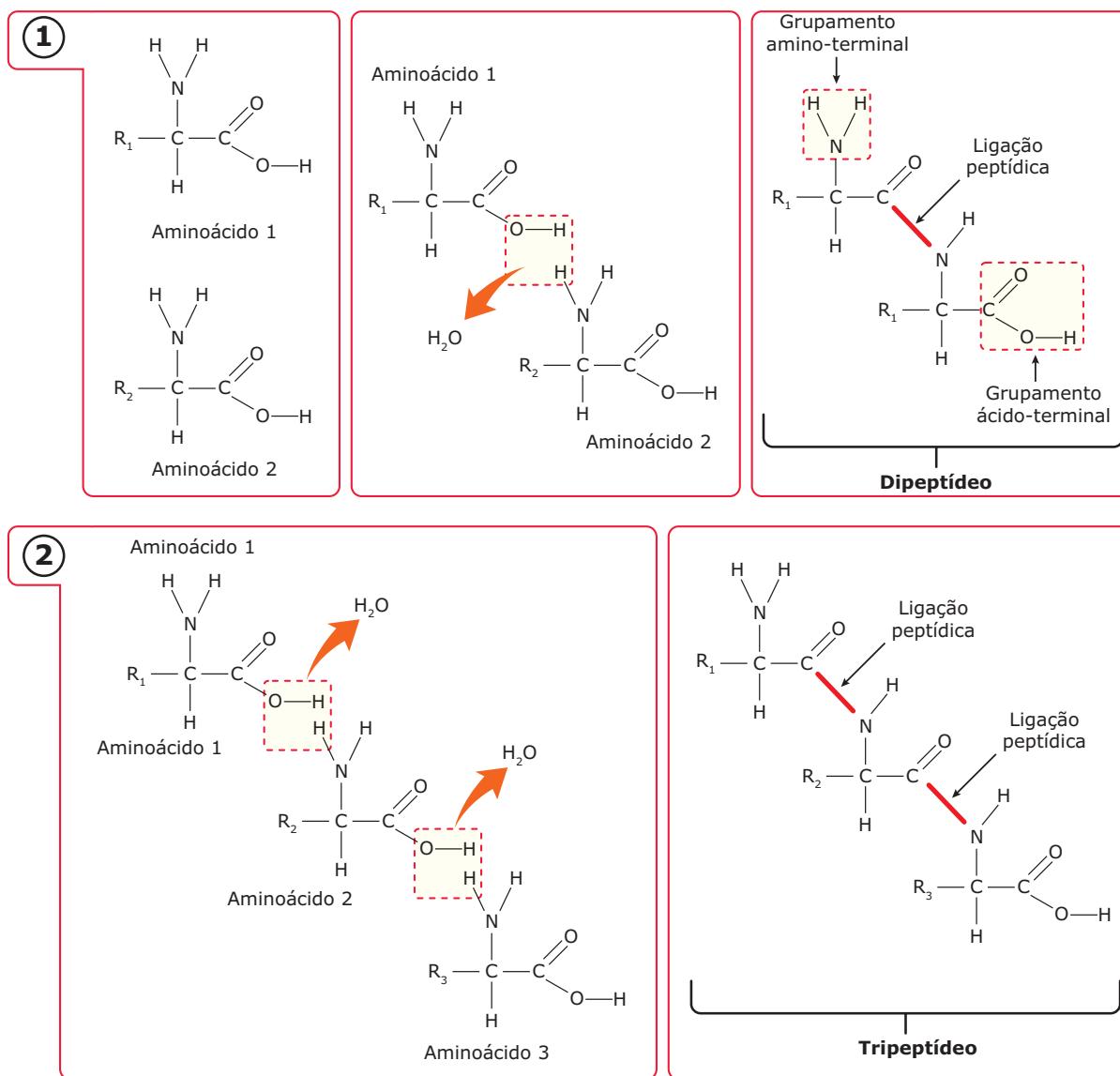
A tabela a seguir relaciona os aminoácidos naturais e essenciais para um indivíduo adulto da espécie humana.

Espécie humana	
Aminoácidos naturais	**Aminoácidos essenciais**
Ácido aspártico (Asp)	Fenilalanina (Phe)
Ácido glutâmico (Glu)	Isoleucina (Ile)
Alanina (Ala)	Leucina (Leu)
Arginina (Arg)	Lisina (Lys)
Asparagina (Asn)	Metionina (Met)
Cisteína (Cys)	Treonina (Thr)
Glutamina (Gin)	Triptofano (Trp)
Glicina (Gly)	Valina (Val)
Histidina (His)	
Prolina (Pro)	
Serina (Ser)	
Tirosina (Tyr)	

Obs.: A histidina é um aminoácido essencial apenas na infância, sendo que mais tarde passa a ser sintetizada em nosso organismo.

Alimentos ricos em proteínas são importantes fontes de aminoácidos para o nosso organismo, notadamente de aminoácidos essenciais.

Carnes, ovos, leite e derivados, leguminosas, como a soja, o feijão, a ervilha e outras são alimentos ricos em proteínas.

Ao serem ingeridas, as proteínas são digeridas, isto é, são "quebradas", até serem convertidas em aminoácidos, que serão, então, absorvidos e distribuídos pela corrente sanguínea para as células dos diversos tecidos do nosso corpo. No interior das células, esses aminoácidos serão utilizados na síntese de novas moléculas proteicas, podendo ainda, no caso do fígado, ser utilizados na fabricação de outros aminoácidos por meio das reações de transaminação.

As proteínas que fornecem todos os aminoácidos essenciais em boa quantidade são chamadas de **proteínas completas**, enquanto aquelas que não fornecem todos os aminoácidos essenciais de que necessitamos são denominadas **proteínas incompletas**.

Os aminoácidos podem ligar-se uns aos outros, formando compostos mais complexos. Dependendo do número de aminoácidos que se uniram para formá-los, esses compostos podem ser chamados de **dipeptídeos**, **tripeptídeos**, **tetrapeptídeos**, etc. Os termos **oligopeptídeos** (do grego *oligo*, pouco) e **polipeptídeos** (do grego *poli*, muito) também são usados para se referir às moléculas peptídicas resultantes, respectivamente, da união de poucos e de muitos aminoácidos. Nesses compostos, os aminoácidos se mantêm unidos uns aos outros por meio de uma ligação química covalente denominada **ligação peptídica**.

A ligação peptídica se faz entre o carbono do grupo carboxila de um dos aminoácidos com o nitrogênio do grupo amino do outro aminoácido. Para que se forme uma ligação desse tipo, o grupo carboxila de um dos aminoácidos perde o seu grupamento hidroxila (OH), enquanto o grupo amino do outro aminoácido perde um de seus hidrogênios (H).

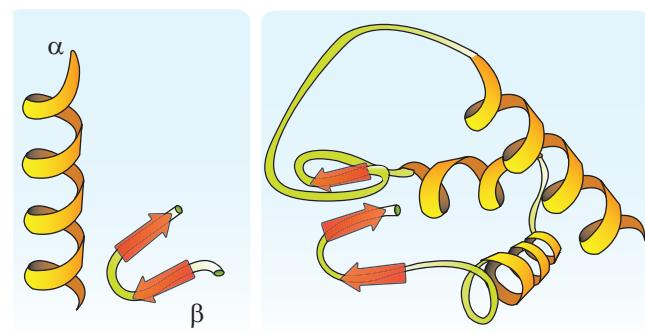
A hidroxila e o hidrogênio liberados reagem entre si formando água (H_2O). Assim, toda vez que se forma uma ligação peptídica, há também a formação de uma molécula de água. Trata-se, portanto, de um exemplo de **síntese por desidratação**, uma vez que a água é um dos produtos da reação. Veja os exemplos adiante.

*Observe nas figuras 1 e 2 que, após a união dos aminoácidos, o peptídeo resultante continua tendo em sua molécula os grupamentos carboxila (–COOH) e amino (–NH_2), localizados em suas extremidades e, por isso, passam a ser chamados de **grupamentos ácido-terminal** e **amino-terminal**.*

PROTEÍNAS

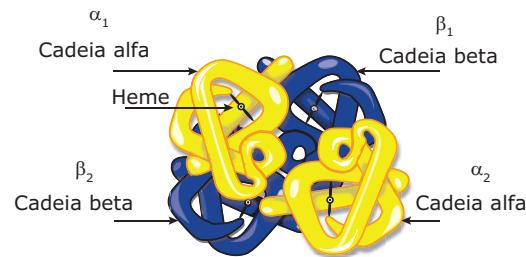
Proteínas ou **protídios** (do grego *proteios*, primeiro, fundamental) são polipeptídeos resultantes da união de dezenas ou centenas de aminoácidos. O critério para caracterizar se um polipeptídeo é também uma proteína é variável, segundo classificação de diversos autores. Muitos consideram que todo polipeptídeo resultante da união de pelo menos 70 aminoácidos é também uma proteína. Outros preferem considerar como proteínas os polipeptídeos com peso molecular a partir de 6 000 Daltons (1 Dalton é igual à massa de um átomo de hidrogênio). Embora existam controvérsias, pode-se concluir que toda proteína é um polipeptídeo, mas nem todo polipeptídeo é uma proteína.

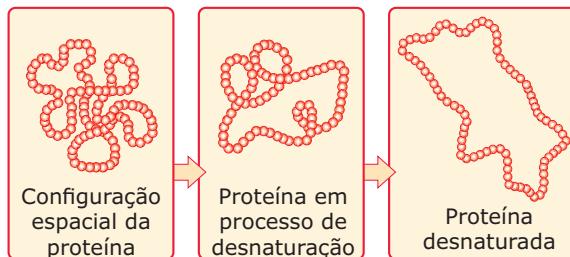
Pode-se dizer também que as proteínas são **polímeros** de **aminoácidos**. Polímeros são macromoléculas formadas pela união de muitas unidades menores e semelhantes, chamadas genericamente de monômeros. No caso das proteínas, os monômeros são os aminoácidos.

As proteínas são formadas por apenas 20 tipos diferentes de aminoácidos. Em algumas, além dos aminoácidos, encontra-se um outro constituinte, chamado genericamente de grupo prostético. O grupo prostético pode ser um carboidrato, um lipídio, um ácido nucleico, um mineral, etc. Assim, podem-se classificar as proteínas em dois grupos: proteínas simples e proteínas conjugadas.

- **Proteínas simples** são aquelas constituídas apenas de aminoácidos. É o caso, por exemplo, da **queratina**, proteína encontrada na pele, nos cabelos, nas unhas, nos cascos e chifres de animais e que exerce importante papel na impermeabilização dessas estruturas.
- **Proteínas conjugadas (complexas)** são aquelas que contêm outras substâncias além de aminoácidos. A porção constituída de aminoácidos de uma proteína conjugada é chamada de **apoproteína**, enquanto a parte constituída pela substância diferente de aminoácidos é chamada de **grupo prostético**. A **hemoglobina**, encontrada no sangue de muitos animais, é um exemplo de proteína conjugada que tem como grupo prostético o pigmento heme, no qual há íons de ferro.

De acordo com a natureza química do grupo prostético, as proteínas conjugadas podem ser distribuídas em diversos grupos. Veja os exemplos a seguir:

Proteínas conjugadas	Grupo prostético
Lipoproteínas	Lipídeo
Glicoproteínas	Polissacarídeo
Nucleoproteínas	Ácido nucleico
Fosfoproteínas	Ácido fosfórico
Flavoproteínas	Riboflavina (Vitamina B_2)
Metaloproteínas	Metal

A molécula proteica pode ser formada por uma ou mais cadeias polipeptídicas, podendo apresentar as seguintes estruturas:

- **Estrutura primária da proteína** – É a sequência linear de seus aminoácidos, sendo muito importante para a função que a proteína irá desempenhar. Essa sequência de aminoácidos é determinada geneticamente.

  A estrutura primária de uma proteína é mantida por ligações peptídicas, no entanto as moléculas de proteínas não são como fios esticados, arranjando-se em uma configuração tridimensional estável.
- **Estrutura secundária da proteína** – Pode ter duas formas básicas: a alfa-hélice (com configuração helicoidal) e a folha-beta (pequenos segmentos que se arranjam paralelamente entre si). A estrutura secundária é mantida por pontes de hidrogênio entre átomos de aminoácidos que estão próximos ao longo da cadeia.
- **Estrutura terciária da proteína** – É resultante da atração entre radicais de aminoácidos localizados em regiões distantes da molécula, levando ao dobramento da estrutura secundária (alfa-hélices e folhas-beta) sobre si mesma, dando à molécula um aspecto mais globular.

Estrutura secundária Estrutura terciária

- **Estrutura quaternária da proteína** – É a união de duas ou mais cadeias polipeptídicas, iguais ou diferentes, formando uma única molécula proteica. Por exemplo: a molécula de hemoglobina humana é constituída por quatro cadeias polipeptídicas (α_1, α_2, β_1 e β_2) unidas entre si pelos grupos heme.

Hemoglobina humana *– Das quatro cadeias constituintes da molécula de hemoglobina humana, duas são chamadas cadeias alfa (α_1 e α_2) e duas, cadeias beta (β_1 e β_2). As duas cadeias alfa são idênticas entre si, assim como as duas beta também são idênticas entre si. As quatro cadeias estão unidas pelos grupos heme, que possuem Fe^{++} em sua estrutura.*

Altas temperaturas, alterações bruscas do pH e altas concentrações de certos compostos químicos (ureia, por exemplo) podem modificar a configuração espacial das proteínas, fazendo com que suas moléculas se desenrolem e alterem sua configuração nativa (configuração tridimensional original da molécula). Essa modificação da configuração nativa de uma proteína é denominada desnaturação.

Desnaturação das proteínas *– A desnaturação altera as propriedades da proteína, que deixa de desempenhar sua função biológica normal.*

O processo de desnaturação é, via de regra, irreversível. Às vezes, entretanto, a desnaturação pode ser reversível, especialmente se foi causada pela ruptura de forças fracas. Nesse caso, se os desnaturantes químicos são removidos, a proteína retorna a sua configuração nativa e a sua função normal. Fala-se, então, que houve renaturação.

As proteínas sintetizadas no organismo desempenham as seguintes funções:

- **Estrutural** – Muitas proteínas participam da formação de importantes estruturas no organismo. A membrana plasmática, película que reveste e protege a célula, é um exemplo de estrutura formada basicamente por lipídios e proteínas. Outro exemplo é o colágeno, proteína que confere resistência aos ossos, tendões, cartilagens e outras estruturas do organismo.
- **Hormonal** – Muitos hormônios (substâncias reguladoras) são de natureza proteica. É o caso, por exemplo, da proteína insulina (hormônio produzido no pâncreas e que atua no controle da taxa de glicose no sangue).
- **Defesa** – Um dos mecanismos de defesa do organismo é realizado por proteínas especiais, denominadas imunoglobulinas (Ig), conhecidas também por anticorpos. Quando um antígeno (proteína estranha ao organismo) penetra em nosso corpo, o nosso sistema imunológico (sistema de defesa) procura elaborar um anticorpo específico para neutralizá-lo.
- **Contração muscular** – Actina e miosina são proteínas indispensáveis para a ocorrência das reações de contração muscular.
- **Coagulação sanguínea** – A coagulação sanguínea é resultado de uma série de reações químicas que culminam com a formação do coágulo, isto é, o endurecimento do sangue. Dessas reações participam várias substâncias, e, entre elas, algumas são proteínas, como a tromboplastina, a protrombina e o fibrinogênio.
- **Impermeabilização de superfícies** – A proteção e impermeabilização de nossa pele, unhas e pelos, por exemplo, é feita pela proteína queratina (ceratina).
- **Transporte de gases respiratórios** – O oxigênio (O_2) é transportado dos nossos pulmões para as demais partes do organismo pelas moléculas de hemoglobina existentes no interior dos glóbulos vermelhos (hemácias). Um certo percentual de gás carbônico (CO_2) produzido nos tecidos é transportado até os pulmões, a fim de ser eliminado do organismo, também pela hemoglobina e por algumas proteínas plasmáticas (proteínas existentes no plasma sanguíneo). Essas proteínas transportadoras dos gases respiratórios (O_2 e CO_2) são conhecidas, genericamente, por pigmentos respiratórios. A hemoglobina, portanto, é um exemplo de pigmento respiratório.
- **Enzimática** – Enzimas são catalisadores orgânicos que aceleram as reações do metabolismo, isto é, tornam as reações mais rápidas. A maioria das enzimas é de natureza proteica, isto é, são proteínas.

ENZIMAS

Enzimas são biocatalisadores, ou seja, substâncias orgânicas que atuam como catalisadores nas reações do metabolismo.

Como qualquer catalisador, as enzimas agem diminuindo a energia de ativação, isto é, a quantidade de energia necessária para dar início a uma reação. Desse modo, os catalisadores aceleram as reações químicas. Assim, as reações do metabolismo se tornam mais rápidas graças à ação das enzimas. Embora certas moléculas de RNA, sob certas condições, possam atuar como enzimas (riboenzimas), a maioria das enzimas é de natureza proteica.

Em diversos casos, uma substância de natureza não proteica precisa se ligar a uma enzima para que a mesma possa exercer sua ação catalisadora. Tais substâncias são conhecidas por **cofatores** ou **coenzimas**. Os cofatores são íons inorgânicos, geralmente metálicos, enquanto as coenzimas são moléculas orgânicas, quase sempre derivadas de uma vitamina. Os cofatores e as coenzimas são essenciais para o funcionamento das enzimas. Essas enzimas que precisam dos cofatores ou coenzimas são conhecidas por holoenzimas e a sua parte proteica denomina-se **apoenzima**.

Holoenzima = **Apoenzima** + **Cofator** ou **Coenzima**

As enzimas são produzidas no interior das células. Muitas permanecem no meio intracelular, onde exercem sua ação catalisadora; outras, entretanto, são eliminadas para o meio extracelular, onde exercerão sua ação. Assim, conforme exerçam sua ação dentro ou fora das células, as enzimas podem ser classificadas como **endoenzimas** ou **exoenzimas**, respectivamente.

Propriedades

Uma das propriedades das enzimas é a **especificidade**, ou seja, as enzimas são específicas para cada tipo de substrato. São considerados "substratos" as substâncias sobre as quais agem as enzimas.

Veja os exemplos a seguir:

1. **Maltose + Água** $\xrightarrow{\text{maltase}}$ **Glicose + Glicose**

2. **Lactose + Água** $\xrightarrow{\text{lactase}}$ **Glicose + Galactose**

Na reação 1, representada anteriormente, a enzima maltase, em presença de água, atua sobre o substrato maltose, acelerando a reação que o converte em duas moléculas de glicose; já na reação 2, a enzima lactase, em presença de água, age sobre o substrato lactose, acelerando a reação que o converte em uma molécula de glicose e outra de galactose. Como são específicas, nem a maltase atua sobre a lactose nem a lactase atua sobre a maltose.

Em uma mesma espécie animal, podem existir certas enzimas que apresentam formas moleculares ligeiramente diferentes, que exibem diferenças na atividade, no pH ótimo de ação, na mobilidade eletroforética, mas que atuam sobre um mesmo substrato e catalisam a mesma reação. Tais enzimas são conhecidas por **isoenzimas**. A principal diferença entre elas está na intensidade da atividade enzimática.

As enzimas agem *in vivo* (no interior dos seres vivos) e *in vitro* (fora dos seres vivos). Quando ingerimos um pedaço de carne, por exemplo, as proteínas nele presentes começam a ser digeridas no estômago por ação da enzima pepsina existente no suco gástrico; se colocarmos um pedaço de carne no interior de um tubo de ensaio e sobre ele jogarmos suco gástrico extraído do estômago, a pepsina atuará sobre as proteínas da carne da mesma maneira.

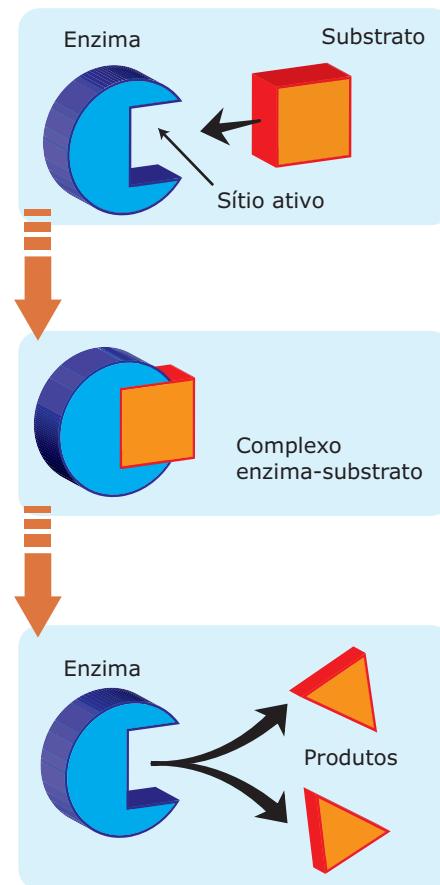
Algumas reações enzimáticas são **reversíveis**, isto é, podem ocorrer nos dois sentidos. Nesse caso, a mesma enzima atua como catalisador nos dois sentidos da reação, obedecendo à equação de Michaelis ou equação geral das enzimas.

$$\mathbf{E + S \leftrightarrow ES \leftrightarrow E + P}$$

Equação de Michaelis *– E = Enzima; S = Substrato; ES = Complexo enzima-substrato; P = produto.*

Nomenclatura

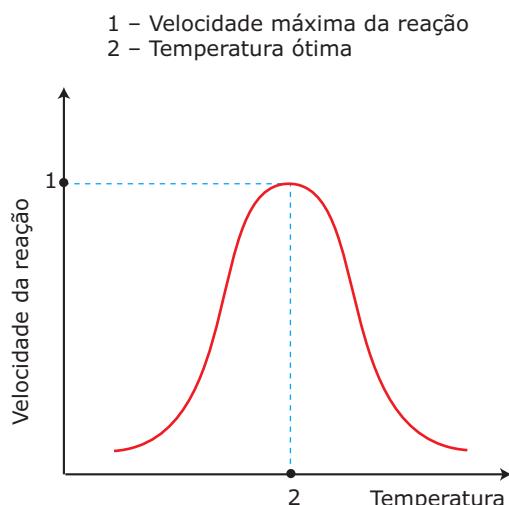
A nomenclatura das enzimas, em geral, é feita acrescentando-se o sufixo *-ase* ao radical do substrato:

Substrato	Enzima
Maltose	Maltase
Lactose	Lactase
Amido	Amilase
Lipídios	Lipases
Proteínas	Proteases

Pode-se também acrescentar o sufixo *-ase* ao radical do nome do tipo da reação:

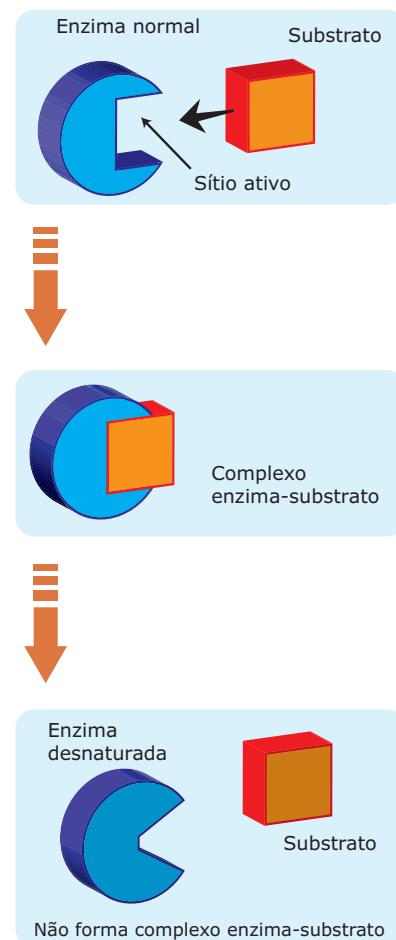
Tipos de reação química	Enzima
Oxirredução	Oxirredutases
Desidrogenação	Desidrogenases
Descarboxilação	Descarboxilases

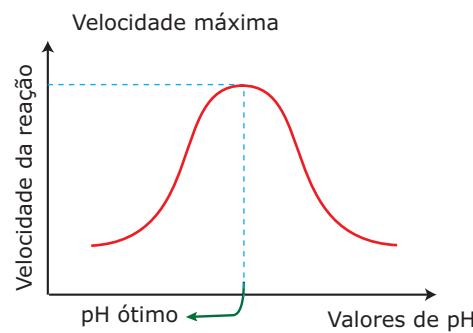
Algumas enzimas são conhecidas por nomes consagrados pelo uso e que não obedecem às regras vistas anteriormente. É o caso, por exemplo, da amilase salivar (enzima presente na saliva e que atua sobre o substrato amido), que também é conhecida por ptialina.

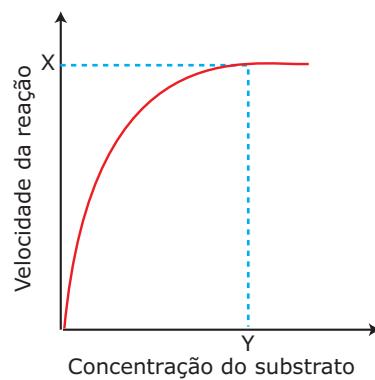
Mecanismo de ação

O mecanismo de ação das enzimas sobre os seus respectivos substratos frequentemente é comparado ao modelo da **chave-fechadura**, ou seja, assim como cada chave se encaixa numa fechadura específica, cada enzima permite o "encaixe" de um substrato específico.

Mecanismo de ação das enzimas *– O local da molécula enzimática onde o substrato se "encaixa" é denominado sítio ativo ou centro ativo da enzima. Para que possa ocorrer esse "encaixe", a "forma" ou configuração molecular do substrato precisa ser compatível com a configuração do sítio ativo da enzima. Uma vez ocorrido esse "encaixe", forma-se o chamado complexo enzima-substrato, que acelera o processo reativo. Ao término da reação, quando os produtos já estiverem formados, a molécula da enzima se liberta e pode combinar-se a uma outra molécula de substrato, repetindo-se o processo.*

BIOLOGIA

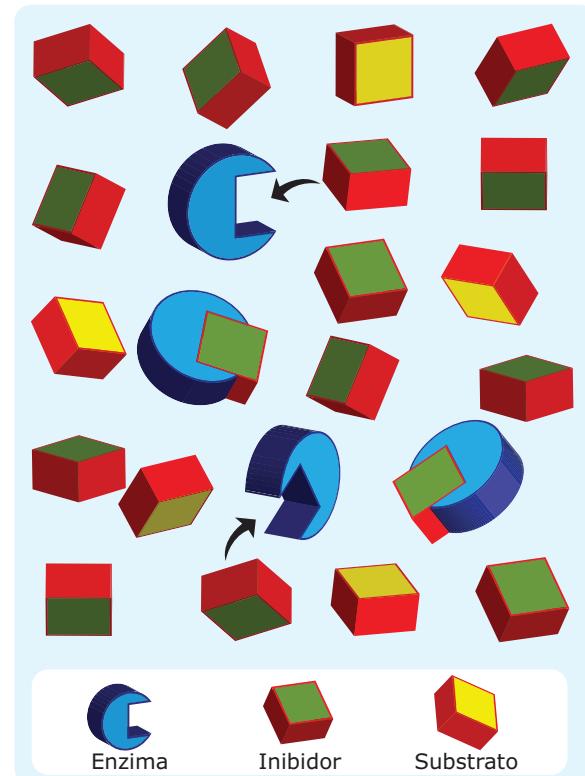
As enzimas, assim como todos os catalisadores, não se gastam ou não são consumidas durante a reação. Por isso, uma enzima, ao participar de uma reação química, chega ao final com sua estrutura inalterada, o que permite que a mesma molécula enzimática possa atuar várias vezes, desde que seja preenchido o requisito da especificidade.

Durante muito tempo, o modelo da chave-fechadura, que admite que o sítio ativo possui um molde rígido semelhante a uma fechadura, na qual se encaixaria uma chave (substrato), foi totalmente aceito. Em 1946, Linus Pauling demonstrou que o modelo chave-fechadura era inadequado porque a ideia da enzima totalmente complementar ao substrato é energeticamente pouco eficiente. Pauling admitiu que, no início da reação, a enzima não precisa ser totalmente complementar ao substrato, precisando sê-lo somente durante o "estado de transição". Baseando-se na ideia de Linus Pauling, em 1958, o químico Daniel Koshland propôs o modelo do **encaixe-induzido**, que admite a flexibilidade do sítio ativo, ou seja, o sítio ativo pode sofrer mudanças temporárias de conformação para encaixar-se totalmente ao substrato. Desse modo, a enzima, durante a reação, pode mudar de forma temporariamente, voltando depois à sua estrutura original.

Influência da temperatura, pH e concentração do substrato

Influência da temperatura na velocidade da reação catalisada por enzima *– Cada enzima só funciona dentro de uma determinada faixa de temperatura e, dentro dessa faixa de atuação, existe uma temperatura "ótima" na qual a atividade catalisadora da enzima é máxima. A temperatura "ótima" das enzimas não é a mesma para todas as espécies de seres vivos. No caso de certas espécies de peixes que vivem no Ártico, por exemplo, ela pode ser próxima de 0 °C; em certas bactérias e algas que vivem em fontes de águas térmicas, é de cerca de 80 °C. Entretanto, para a maioria das espécies de seres vivos, a temperatura "ótima" das enzimas fica na faixa de 37 °C a 40 °C. Na espécie humana, por exemplo, é de aproximadamente 37 °C.*

Lembre-se de que a maioria das enzimas tem natureza proteica e de que as proteínas, quando submetidas a temperaturas muito elevadas, sofrem o processo de desnaturação. Assim, em temperaturas elevadas, uma enzima sofre desnaturação, perdendo sua capacidade de atuar como catalisador. A enzima desnaturada pela temperatura elevada tem sua forma alterada; com isso, o sítio ativo modifica-se, não permitindo mais a formação do complexo enzima-substrato.

Enquanto temperaturas muito elevadas desnaturam as enzimas, destruindo-as, temperaturas muito baixas apenas inativam ou paralisam as suas atividades, sem, contudo, destruí-las. Quando a temperatura baixa volta às condições normais, a enzima também retorna às suas atividades catalisadoras normais.

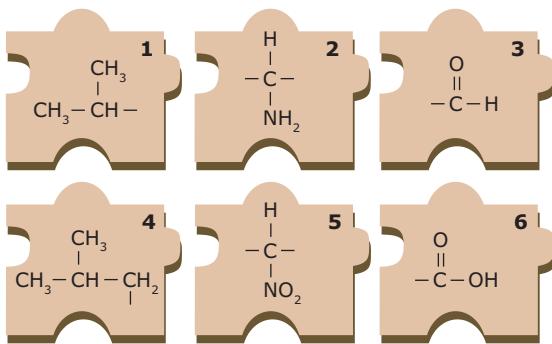
Influência do pH sobre a velocidade da reação catalisada por uma enzima – *As enzimas também sofrem influência do pH do meio em que está ocorrendo a reação. Cada enzima só funciona dentro de uma determinada faixa de pH e, dentro dessa faixa de atuação, existe um pH no qual a sua atividade é máxima: é o chamado pH "ótimo" da enzima.*

Influência da concentração do substrato na velocidade da reação catalisada por enzima – *Desde que a quantidade de enzimas no meio se mantenha constante, sua ação é proporcional à concentração do substrato. Assim, quanto maior a concentração do substrato, mais rapidamente se dará a reação, até que se atinja um ponto de saturação, a partir do qual, ainda que aumente a concentração do substrato, a velocidade da reação não mais aumentará. Nesse ponto de saturação, a velocidade da reação enzimática atinge um valor máximo.*

Ativadores e inibidores

Às vezes, as enzimas são produzidas numa forma inativa. Essas enzimas inativas são chamadas genericamente de **proenzimas** ou **zimogênios**. As proenzimas ainda não têm participação ativa nas reações químicas, isto é, não são capazes de agir como catalisadores. Entretanto, podem ser ativadas por outras substâncias, chamadas genericamente de **ativadores enzimáticos**. Isso ocorre, por exemplo, no nosso estômago, onde o pepsinogênio (enzima inativa) é ativado pelo HCℓ (ácido clorídrico) do suco gástrico, transformando-se em pepsina (enzima ativa). Nesse exemplo, o ativador enzimático é o HCℓ do suco gástrico.

$$\text{Pepsinogênio (inativo)} \xrightarrow{HC\ell} \text{Pepsina (ativa)}$$

Certas substâncias são capazes de bloquear ou inativar a ação das enzimas. Tais substâncias são denominadas **inibidores enzimáticos**. O íon cianeto (CN^-), por exemplo, tem a capacidade de inibir a enzima citocromo-oxidase, que é indispensável às reações da respiração celular. Com essa enzima inativada, as células param de realizar a respiração e morrem.

Quando o inibidor é uma molécula que compete com o substrato de uma enzima pela fixação no sítio ativo, a inibição é chamada de competitiva ou por competição. Na **inibição competitiva**, o inibidor possui moléculas muito semelhantes às do substrato, e, por isso, tais moléculas também são capazes de se "encaixar" nos sítios ativos das enzimas, onde normalmente se "encaixam" as moléculas do substrato. Uma vez que tanto o substrato como o inibidor podem ligar-se à enzima, diz-se que eles competem entre si pelo sítio ativo da enzima. A enzima, uma vez ligada ao inibidor, não pode ligar-se ao substrato e, consequentemente, não pode catalisar a reação que transforma o substrato em determinados produtos. Assim, é como se não existisse a enzima no meio.

Inibição competitiva – *A probabilidade de ligações entre a enzima e o substrato ou entre a enzima e o inibidor depende da concentração desses componentes no meio. Se a concentração do substrato for maior que a do inibidor, a probabilidade de encontros entre as moléculas das enzimas e do substrato aumenta, enquanto as chances da enzima e inibidor se ligarem diminuem. Por outro lado, se a concentração do inibidor for maior que a do substrato, a probabilidade de encontros entre enzimas e inibidores será bem maior. Portanto, na inibição por competição, mantendo-se a quantidade de enzimas constante, o grau de inibição depende da concentração do inibidor e da concentração do substrato no meio em que se realiza a reação.*

Muitos inibidores enzimáticos têm grande interesse para a medicina, uma vez que são usados para combater micro-organismos causadores de doenças. O antibiótico penicilina, por exemplo, age sobre as bactérias, inibindo uma importante enzima desses micro-organismos que atua na reação responsável pela formação da parede celular da bactéria. Sem parede celular, esses micro-organismos tornam-se muito frágeis, rompem-se com facilidade e morrem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UERJ) Um estudante recebeu um quebra-cabeça que contém peças numeradas de 1 a 6, representando partes de moléculas.

Para montar a estrutura de uma unidade fundamental de uma proteína, ele deverá juntar três peças do jogo na seguinte sequência:

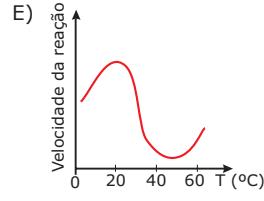
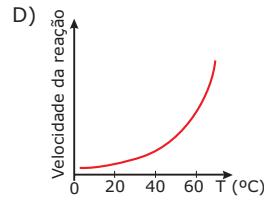
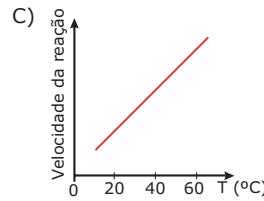
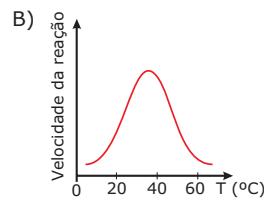
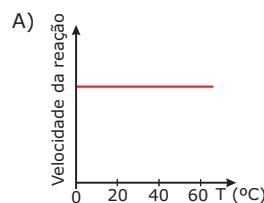
A) 1, 5 e 3
B) 1, 5 e 6
C) 4, 2 e 3
D) 4, 2 e 6

02. (UEL-PR) Consideram-se aminoácidos essenciais, para um determinado animal, aqueles

A) de que ele necessita e sintetiza a partir de outras substâncias.
B) de que ele necessita, mas não consegue sintetizar, tendo que os receber em sua dieta.
C) de que ele necessita apenas nas primeiras etapas de seu desenvolvimento.
D) obtidos diretamente a partir de vegetais, que são os únicos organismos a sintetizá-los.
E) resultantes da degradação de suas próprias proteínas.

03. (PUC-RS) Instrução: Responder à questão relacionando as proteínas da coluna superior com suas respectivas funções, apresentadas na coluna inferior.

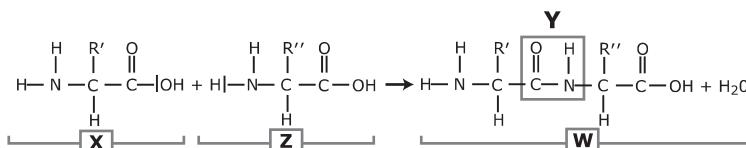
1) Queratina
2) Insulina
3) Miosina
4) Hemoglobina

( ) Proteína motriz, que gera movimento nas células.
( ) Proteína sinalizadora, que controla os níveis de glicose no sangue.
( ) Proteína transportadora, que transporta oxigênio nas células sanguíneas.
( ) Proteína estrutural, que reforça as células epiteliais.

A ordem **CORRETA** da coluna da direita, de cima para baixo, é

A) 3; 2; 1; 4.
B) 1; 4; 2; 3.
C) 3; 4; 2; 1.
D) 3; 2; 4; 1.
E) 1; 2; 4; 3.

04. (PUC Minas) Com relação às enzimas, é **CORRETO** afirmar que

A) como catalisadores, são necessárias em pequena quantidade.
B) aumentam a energia de ativação.
C) agem em qualquer pH.
D) não dependem da temperatura.
E) são inespecíficas em relação ao substrato.

05. (UFMG) Mantendo-se constante a concentração de uma enzima de célula humana, o efeito da temperatura sobre a velocidade da reação é **MELHOR** representado pelo gráfico:

A)

B)

C)

D)

E)

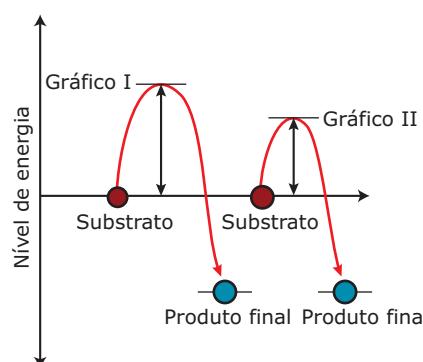
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Instrução: Use a seguinte chave para responder às questões **01** e **02**.

A) Se I, II e III forem verdadeiras.
B) Se I, II e III forem falsas.
C) Se apenas I e II forem verdadeiras.
D) Se apenas I e III forem verdadeiras.
E) Se apenas II e III forem verdadeiras.

01. (FMIT-MG)

No esquema apresentado,

I. As letras X e Z representam dois aminoácidos quaisquer.
II. A letra Y envolve uma ligação peptídica.
III. A letra W representa uma proteína qualquer.

02. (FMIT-MG)

I. Se cinco aminoácidos se unirem, como X e Z se uniram, teremos cinco ligações peptídicas.
II. Considerando uma proteína qualquer, X e Z poderiam ser os monômeros dela.
III. O esquema representa uma síntese por desidratação.

03. (UFMG) Esta questão relaciona-se com o texto a seguir, os gráficos I e II e os conhecimentos já adquiridos.

Em reações espontâneas, que necessitam de energia para sua realização, o nível de energia dos produtos finais é mais baixo do que o nível de energia do substrato inicial. Nas reações que se passam nos organismos vivos, tanto animais como vegetais, existem diferentes fatores, tanto físicos como químicos, que interferem nos processos metabólicos.

Os gráficos I e II mostram a variação dos níveis de energia de ativação em reações que se passam dentro e fora dos organismos vivos.

Qual a afirmativa **CERTA**?

A) Não existe qualquer fator que possa interferir na variação do nível de energia de ativação e na obtenção do produto final.
B) A energia de ativação requerida para obter o produto final em I depende da redução da temperatura.
C) Para reações em organismos vivos interessa somente o produto final e, se existir um fator qualquer alterando os níveis de energia, ele deve ser desconhecido.
D) O comportamento mostrado no gráfico I deve ser próprio de uma reação metabólica porque, para reações nos seres vivos, a energia de ativação deve ser maior.
E) A redução da energia de ativação para a obtenção do produto final observada em II depende da presença de uma enzima.

04. (Cesgranrio) Analise a seguinte experiência:

PRIMEIRA ETAPA

Procedimento: em dois tubos de ensaio, numerados como I e II, acrescenta-se:

Tubo I – água oxigenada (H_2O_2) + dióxido de manganês (MnO_2)

Tubo II – água oxigenada + fígado

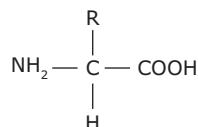
Resultado obtido: formação de borbulhas nos dois tubos.

Conclusão: desprendimento de gás oxigênio proveniente da decomposição da água oxigenada devido ao dióxido de manganês (Tubo I) e alguma substância liberada pelo fígado (Tubo II).

SEGUNDA ETAPA

Procedimento: adição de nova quantidade de água oxigenada nos dois tubos da primeira etapa dessa experiência.

Resultado obtido: novo desprendimento de borbulha (gás oxigênio) nos dois tubos.

Conclusão: o dióxido de manganês (Tubo I) e a substância liberada pelo fígado (Tubo II) não foram consumidos nas reações da primeira etapa da experiência.

Com base nessa experiência, podemos concluir que o dióxido de manganês e a substância liberada pelo fígado são

A) enzimas.
B) catalisadores.
C) ionizadores.
D) substâncias orgânicas.
E) substâncias inorgânicas.

05. (UEM-PR) A ligação peptídica resulta da união entre o grupo

A) carboxila de um aminoácido e o grupo carboxila do outro.

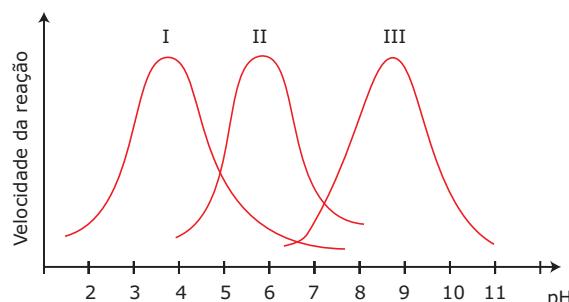
B) carboxila de um aminoácido e o grupo amina do outro.

C) amina de um aminoácido e o grupo amina do outro.

D) amina de um aminoácido e o radical (R) do outro.

E) carboxila de um aminoácido e o radical (R) do outro.

06. (UFMG) Considere a fórmula:

$$\begin{array}{c} R \\ | \\ NH_2 - C - COOH \\ | \\ H \end{array}$$

Essa é a fórmula geral que representa importantes substâncias presentes nos seres vivos e que diferem entre si pela composição do radical R. Essas substâncias ligam-se, formando grandes moléculas orgânicas.

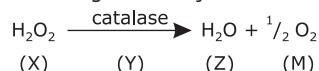
Em relação a essas substâncias e às moléculas orgânicas formadas, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) A composição das moléculas orgânicas formadas é determinada geneticamente.

B) Na ligação química, a formação das moléculas é feita através do radical R.

C) As moléculas orgânicas formadas podem exercer funções enzimáticas.

D) O colágeno e a queratina são exemplos dessas moléculas orgânicas e existem nos vertebrados.

E) Os seres humanos são incapazes de produzir alguns tipos dessas substâncias.

07. (UFMG) Este gráfico indica a velocidade das reações das enzimas I, II e III em função do pH do meio.

Com base no gráfico e em seus conhecimentos, é **CORRETO** afirmar-se que

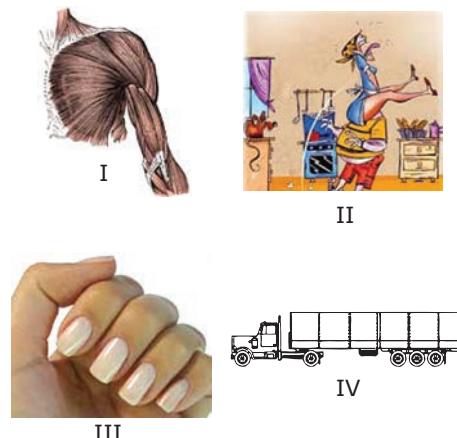
A) a enzima I age numa faixa de pH mais estreita do que II e III.

B) a enzima II pode sofrer desnaturação no pH 2.

C) as três enzimas atuam sobre o mesmo substrato.

D) as três enzimas possuem a mesma temperatura ótima de ação.

08. (UEPI) Dada a seguinte reação:

$$\underset{(X)}{H_2O_2} \xrightarrow[(Y)]{\text{catalase}} \underset{(Z)}{H_2O} + \underset{(M)}{{}^1/_2\,O_2}$$

Hipoteticamente, se você arranjasse uma substância (N), enzimaticamente competitiva com o substrato da reação anterior, e a colocasse no meio, você poderia afirmar que

A) a substância (N), sendo molecularmente semelhante a Z, inibe a ação de Y.

B) a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de Z.

C) a substância (N) compete com Y para se ligar a Z.

D) a substância (N) é molecularmente semelhante a X e, por isso, compete com esse X para ligar-se a Y.

E) a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de X.

09. (PUC Minas) A função das enzimas é

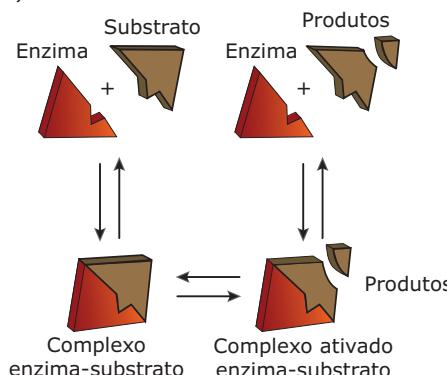
A) paralisar a reação química, para retirar a energia de ativação.

B) aumentar a velocidade da reação e a energia de ativação.

C) diminuir a velocidade da reação e a energia de ativação.

D) diminuir a velocidade da reação e aumentar a energia de ativação.

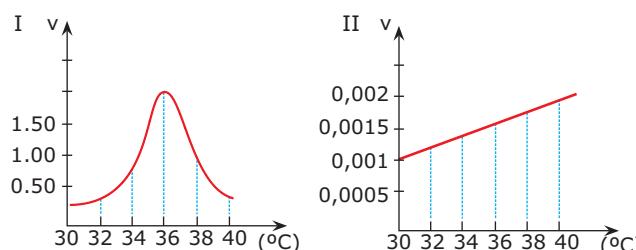
E) aumentar a velocidade da reação e diminuir a energia de ativação.

10. (Unimontes-MG–2009) As proteínas são compostos orgânicos de estrutura complexa e massa molecular elevada, sintetizadas pelos organismos vivos através da condensação de um grande número de moléculas de alfa-aminoácidos, por meio de ligações denominadas peptídicas, e podem desempenhar diferentes tipos de funções. As figuras a seguir mostram exemplos caracterizados pela presença ou não de determinadas proteínas. Analise-as.

De acordo com as figuras e o assunto abordado, analise as alternativas a seguir e assinale a que representa a combinação mais adequada entre cada figura e a proteína.

A) III – Hemoglobina.

B) IV – Miosina.

C) I – Queratina.

D) II – Adrenalina.

11. (UFBA)

Uma propriedade das enzimas que se evidencia por meio do diagrama anterior é

A) apresentar natureza proteica.
B) acelerar as velocidades das reações.
C) exigir pH apropriado para agir.
D) participar em reações reversíveis.
E) atuar sob determinadas temperaturas.

12. (PUC Rio–2006) Em relação às enzimas, podemos afirmar que

A) não podem ser reutilizadas, pois reagem com o substrato, tornando-se parte do produto.
B) são catalisadores eficientes por se associarem de forma inespecífica a qualquer substrato.
C) seu poder catalítico resulta da capacidade de aumentar a energia de ativação das reações.
D) atuam em qualquer temperatura, pois sua ação catalítica independe de sua estrutura espacial.
E) sendo proteínas, por mudança de pH, podem perder seu poder catalítico ao se desnaturarem.

13. (Unicamp-SP) Os dois gráficos a seguir referem-se à velocidade da reação $A + B \rightleftarrows C + D$ que ocorre em animais de uma mesma espécie, quando suas temperaturas variam. O gráfico número I representa a reação em um indivíduo que, além dos reagentes **A** e **B**, possui o polipeptídeo **E**, que não ocorre no indivíduo do gráfico número II.

v = velocidade de formação do produto C em mg/hora.

Baseado nos gráficos, **RESPONDA**

A) Em que grupo de substâncias pode ser classificado o polipeptídeo **E**?
B) **DÊ** duas justificativas para a sua classificação.

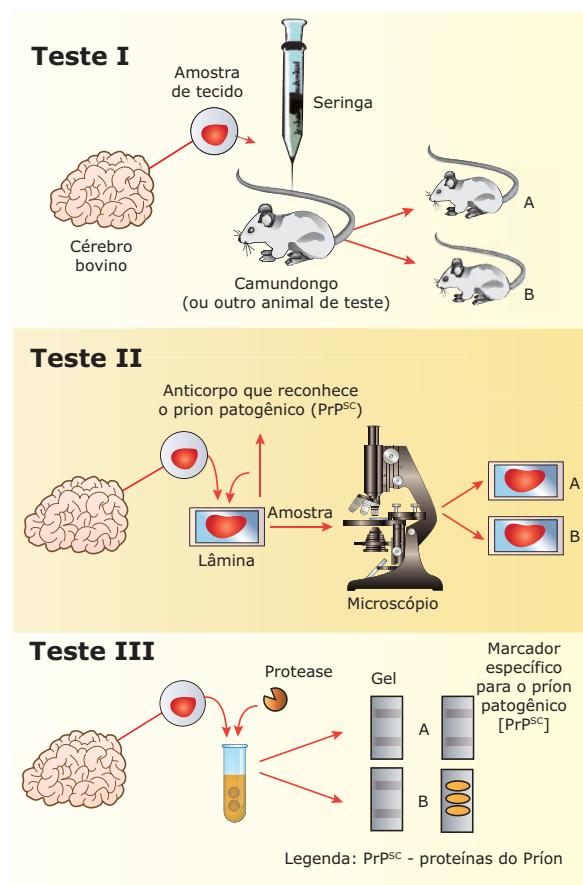
SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2007) A tabela a seguir representa, nas diversas regiões do Brasil, a porcentagem de mães que, em 2005, amamentavam seus filhos nos primeiros meses de vida.

Região	Período de aleitamento	
	até 4º mês (em %)	de 9 meses a 1 ano (em %)
Norte	85,7	54,8
Nordeste	77,7	38,8
Sudeste	75,1	38,6
Sul	73,2	37,2
Centro-Oeste	83,9	47,8

Ao ingerir leite materno, a criança adquire anticorpos importantes que a defendem de doenças típicas da primeira infância. Nesse sentido, a tabela mostra que, em 2005, percentualmente, as crianças brasileiras que estavam mais protegidas dessas doenças eram as da região

A) Norte.
B) Nordeste.
C) Sudeste.
D) Sul.
E) Centro-Oeste.

02. (Enem–2002) O milho verde recém-colhido tem sabor adocicado. Já o milho verde comprado na feira, um ou dois dias depois de ser colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

Para preservar o sabor adocicado do milho verde pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:

1º descartar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos.

2º resfriá-la em água corrente.

3º conservá-las na geladeira.

A preservação do sabor original do milho verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:

A) O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; este ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
B) A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão de oxigênio da glicose.
C) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água fervente.
D) Micro-organismos que, ao retirarem os grãos, convertem esses carboidratos em amido, são destruídos pelo aquecimento.
E) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

03. (Enem–2010) Três dos quatro tipos de testes atualmente empregados para a detecção de príons patogênicos em tecidos cerebrais de gado morto são mostrados nas figuras a seguir. Uma vez identificado um animal morto infectado, funcionários das agências de saúde pública e fazendeiro podem removê-lo do suprimento alimentar ou rastrear os alimentos infectados que o animal possa ter consumido.

Scientific American Brasil, ago. 2004, (Adaptação).

Analisando os testes I, II e III, para a detecção de príons patogênicos, identifique as condições em que os resultados foram positivos para a presença de príons nos três testes:

A) Animal A, lâmina B e gel A.

B) Animal A, lâmina A e gel B.

C) Animal B, lâmina A e gel B.

D) Animal B, lâmina B e gel A.

E) Animal A, lâmina B e gel B.

GABARITO

Fixação

01. D
02. B
03. D
04. A
05. B

Propostos

01. C
02. E
03. E
04. B
05. B
06. B
07. B
08. D
09. E
10. D
11. D
12. E
13. A) No grupo das enzimas ou das proteínas catalisadoras.

B) O gráfico I mostra que, quando o peptídeo E está presente, a reação entre A e B para formar C + D ocorre com uma maior velocidade que em sua ausência, como mostra o gráfico II. Isso indica que o polipeptídeo em questão atua como catalisador da reação. Conforme mostra o gráfico I, o polipeptídeo é um catalisador biológico, pois sua atividade catalisadora aumenta até uma temperatura ótima (em torno de 36 °C), decaindo em temperaturas mais elevadas, devido à desnaturação da enzima.

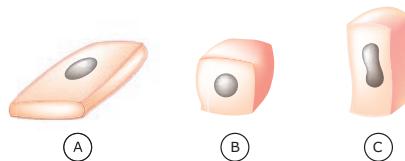
Seção Enem

01. A
02. C
03. B

BIOLOGIA

MÓDULO 01 FRENTE B

Histologia animal: tecido epitelial

Histologia (do grego *histos*, tecido; e *logos*, estudo) é a parte da Biologia que estuda os tecidos.

Originados a partir dos folhetos embrionários (ectoderma, mesoderma e endoderma), **tecidos** são grupos de células especializadas em realizar determinadas funções.

Os animais podem apresentar quatro tecidos básicos ou fundamentais. São eles: **epitelial**, **conjuntivo**, **muscular** e **nervoso**. No estudo que faremos sobre esses tecidos, tomaremos como referencial os tecidos do corpo humano.

TECIDOS EPITELIAIS

Os tecidos epiteliais ou, simplesmente, **epitélios** caracterizam-se por apresentarem **células justapostas** (uma ao lado da outra), bem unidas, com substância intercelular escassa ou ausente. A união das células epiteliais é mantida, principalmente, pelos desmossomos, embora as interdigitações, as glicoproteínas do glicocálix e a zona de oclusão também contribuam para essa adesão.

As dimensões e a morfologia das células epiteliais variam muito. Assim, encontramos desde células achatadas (pavimentosas) como um ladrilho, até células prismáticas (mais altas do que largas).

Morfologia de células epiteliais* – *A*.** *célula pavimentosa;* ***B.*célula cúbica;* ***C***. *célula prismática (colunar, cilíndrica).*

Os epitélios, com raras exceções, são tecidos **avascularizados**, isto é, os vasos sanguíneos não penetram no tecido. Não há, portanto, contato direto de suas células com as paredes dos vasos sanguíneos. Por isso, a nutrição das células epiteliais se faz por difusão dos nutrientes a partir de capilares sanguíneos existentes no tecido conjuntivo subjacente, isto é, que vem logo abaixo do epitélio. Essa camada de tecido conjuntivo é denominada **lâmina própria**. Ela é vascularizada e assim, por difusão, os nutrientes passam da lâmina própria para o epitélio, que está logo acima. Separando o epitélio da lâmina própria, existe uma camada acelular (sem células) denominada **lâmina basal**, constituída principalmente de proteínas e glicoproteínas sintetizadas pelas células epiteliais. A lâmina basal é permeável aos nutrientes oriundos da lâmina própria, permitindo, assim, que o epitélio seja convenientemente alimentado. A lâmina basal serve também de suporte para o tecido epitelial, fixando-o no tecido conjuntivo subjacente, isto é, na lâmina própria.

Os epitélios são **inervados**, ou seja, recebem terminações nervosas livres, que, às vezes, formam uma rica rede intraepitelial.

Outra característica dos epitélios é a **constante renovação de suas células** feita por uma atividade mitótica contínua. As células epiteliais são, portanto, **células lábeis**. A velocidade dessa renovação, porém, é variável, podendo ser muito rápida em certos casos e mais lenta em outros. O epitélio que reveste internamente o intestino, por exemplo, renova-se a cada 2-3 dias, enquanto o epitélio das glândulas salivares leva mais de 2 meses para se renovar. O tecido epitelial pode ter origem a partir dos três folhetos embrionários. Por exemplo: o tecido epitelial da epiderme tem origem ectodérmica; o endotélio (que reveste os vasos sanguíneos) é de origem mesodérmica; o epitélio que reveste a cavidade do tubo digestório e das vias respiratórias origina-se do endoderma.

Conforme seja especializado em fazer revestimento de superfícies no nosso corpo ou em produzir secreções, reconhecemos dois tipos básicos de tecido epitelial: **tecido epitelial de revestimento** e **tecido epitelial secretor**.

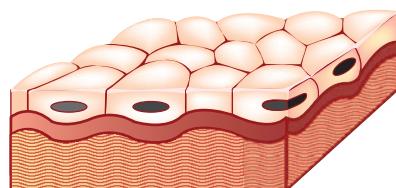
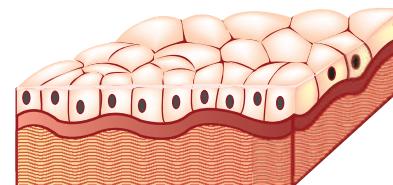
Tecido epitelial de revestimento

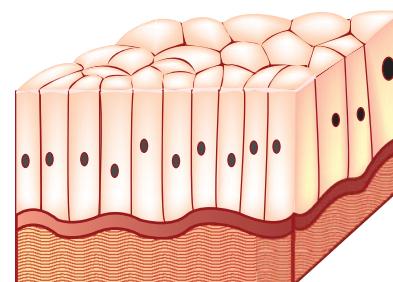
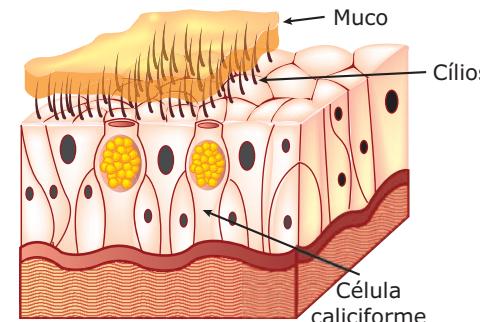
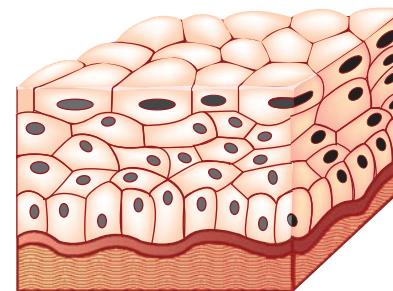
Os epitélios de revestimento recobrem e protegem toda a superfície externa do nosso corpo, bem como as cavidades do organismo (cavidade bucal, cavidade estomacal, cavidades nasais, etc.).

De acordo com o número de camadas celulares existente sobre a lâmina basal, o tecido epitelial de revestimento pode ser classificado como **simples** ou **estratificado**.

- **Tecido epitelial de revestimento simples (uniestratificado)** – É constituído por uma única camada de células apoiadas sobre a lâmina basal.
- **Tecido epitelial de revestimento estratificado** – É constituído por várias camadas (estratos) de células apoiadas sobre a lâmina basal.

OBSERVAÇÃO

Em um grupo à parte, temos o chamado **tecido epitelial de revestimento pseudoestratificado**. Trata-se, na realidade, de uma variedade do epitelial simples, formado por uma única camada de células de tamanhos diferentes. Isso confere ao tecido, quando observado em microscopia óptica, uma aparente estratificação dada pela posição dos núcleos das células.

__L.B.__ = Lâmina basal; __L.P.__ = Lâmina própria

De maneira geral, os epitélios estratificados estão relacionados à função de proteção, enquanto os epitélios simples, por sua pequena espessura, prestam-se melhor à absorção e à troca de substâncias.

De acordo com a morfologia de suas células, o tecido epitelial de revestimento pode ser pavimentoso, cúbico, prismático ou de transição (as células variam de forma de acordo com o estado funcional do órgão).

Na classificação do tecido epitelial de revestimento de um determinado local, leva-se em consideração o número de camadas celulares e a morfologia das células. Nos epitélios estratificados, a classificação de acordo com a morfologia baseia-se na forma das células da camada mais superficial.

Pavimentoso simples

Cúbico simples

Prismático simples

Cilíndrico pseudoestratificado

Pavimentoso estratificado

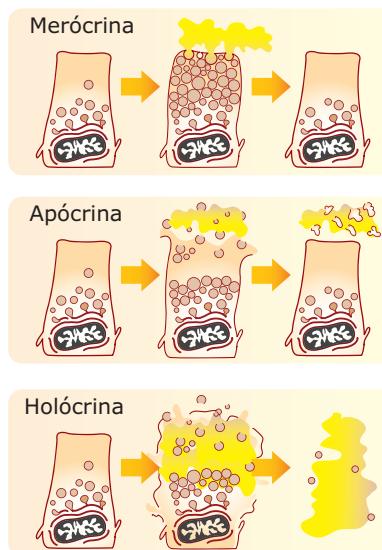
Em certos locais, as células do tecido epitelial de revestimento apresentam modificações na face apical, como microvilosidades e cílios.

No quadro a seguir, estão as principais variedades do tecido epitelial de revestimento existentes em nosso organismo, assim como os principais locais onde são encontradas.

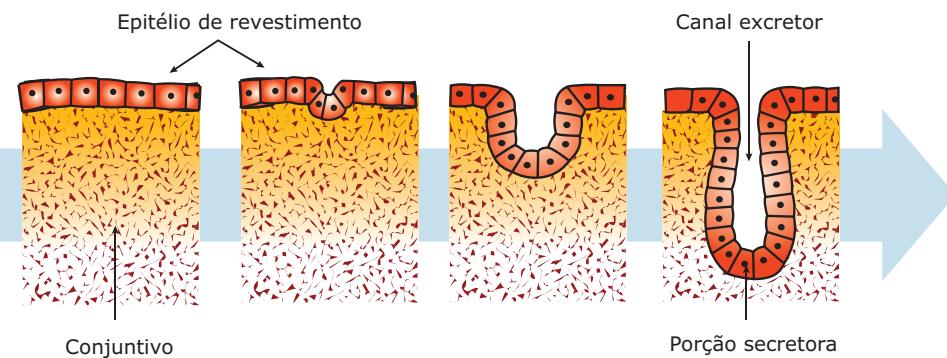
Tecido epitelial de revestimento

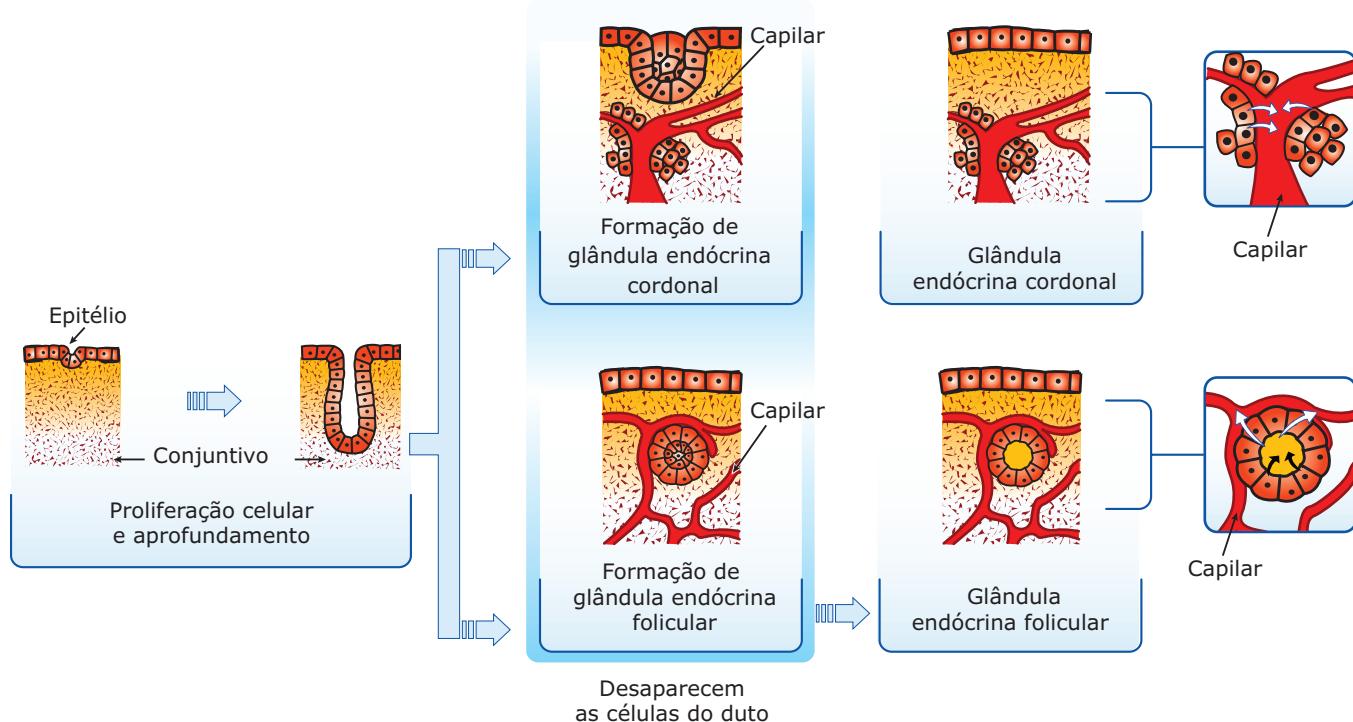
Simples	Pavimentoso	Endotélio, mesotélio das serosas (pleura, pericárdio e peritônio) e alvéolos pulmonares
	Cúbico	Revestimentos externos dos ovários e das paredes de túbulos renais
	Prismático	Mucosa gástrica, mucosa intestinal, revestimento interno das tubas uterinas
	Pseudoestratificado	Mucosa nasal, revestimento interno da traqueia e dos brônquios
Estratificado	Pavimentoso	Epiderme, mucosa bucal, mucosa esofageana, mucosa vaginal
	Cúbico	Ducto das glândulas sudoríparas
	Prismático	Conjuntiva dos olhos
	Transicional	Revestimento interno da bexiga

Tecido epitelial secretor ou glandular

O tecido epitelial secretor é formado por células epiteliais especializadas em produzir secreções. Tais células se proliferam a partir dos epitélios de revestimento, formando as glândulas.

- Quanto ao número de células, as glândulas podem ser unicelulares (ex.: células caliciformes) ou pluricelulares (maioria).

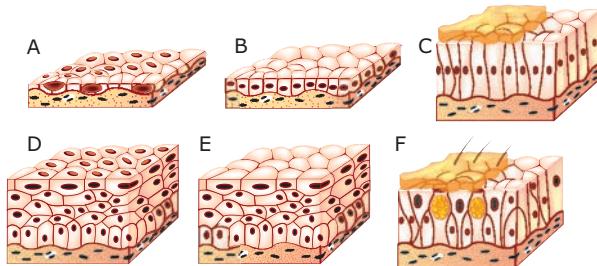
- Quanto ao modo de eliminação de suas secreções, as glândulas podem ser **merócrinas** (**écrinas**), **apócrinas** e **holócrinas**.

  A) **Glândulas merócrinas** são aquelas cujas células eliminam os produtos secretados sem perda de nenhuma parte do citoplasma celular. A maioria das glândulas é desse tipo. Como exemplo, temos as glândulas lacrimais, as glândulas salivares e a maioria das glândulas sudoríparas.

  B) **Glândulas apócrinas** (**holomerócrinas**) são aquelas cujas células eliminam a secreção juntamente com uma parte do seu citoplasma. A parte do citoplasma perdida regenera-se logo em seguida. As glândulas mamárias e as glândulas sudoríparas modificadas existentes nas axilas (glândulas axilares) e na região perianal são exemplos de glândulas apócrinas.

  C) **Glândulas holócrinas** são aquelas cujas células morrem e se fragmentam com a produção da secreção, restando, no final, a secreção e os restos celulares que juntos são eliminados em um determinado local do corpo. Em nosso organismo, um bom exemplo desse tipo de glândula são as sebáceas, encontradas na derme junto aos folículos pilosos (canais que abrigam os pelos). A secreção das sebáceas é o sebo, substância de natureza gordurosa (lipídica), que tem a finalidade de lubrificar a nossa pele e os pelos, tornando-os mais flexíveis.

- Quanto ao local onde eliminam suas secreções, as glândulas podem ser **exócrinas** ou **endócrinas**.

  A) **Glândulas exócrinas**, também chamadas de glândulas de secreção externa, eliminam suas secreções na superfície externa do corpo (sobre a epiderme) ou no interior de uma cavidade externa do organismo. É o caso, por exemplo, das glândulas sudoríparas, que lançam sua secreção (o suor) na superfície externa do nosso corpo, e das glândulas salivares, cuja secreção (a saliva) é lançada na cavidade bucal.

Origem das glândulas exócrinas pluricelulares *– Como todas as glândulas, as exócrinas são oriundas do epitélio de revestimento: as células epiteliais de revestimento se multiplicam por mitoses e penetram no tecido conjuntivo subjacente, onde algumas células se diferenciam em células secretoras, formando o adenômero (porção secretora da glândula), e outras formam o duto ou canal excretor, que transporta a secreção a ser eliminada.*

B) **Glândulas endócrinas**, também chamadas de glândulas de secreção interna, são aquelas que não possuem dutos excretores e eliminam suas secreções na corrente sanguínea. Suas secreções geralmente são hormônios e exercem ação reguladora em nosso organismo. Hipófise, tireoide e paratireoide são exemplos de glândulas endócrinas.

Origem das glândulas endócrinas *– Assim como as glândulas exócrinas, as glândulas endócrinas também se originam do tecido epitelial de revestimento, sendo que, nesse caso, há o desaparecimento das células do duto excretor. Podem ser cordonais (maioria) ou foliculares (ex.: tireoide).*

Algumas glândulas são exócrinas e endócrinas ao mesmo tempo e, por isso, são denominadas **anfícrinas** (**mistas**, **exoendócrinas**). Um bom exemplo de glândula anfícrina é o nosso pâncreas. Ao produzir o suco pancreático, secreção que é lançada na cavidade do duodeno, o pâncreas comporta-se como uma glândula exócrina; e ao produzir insulina e glucagon, secreções que são lançadas na corrente sanguínea, comporta-se como uma glândula endócrina.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFF-RJ) Quando observamos um tecido epitelial ao microscópio, verificamos que

A) geralmente é vascularizado, com exceção dos epitélios encontrados no sistema respiratório.
B) é altamente vascularizado na epiderme e nos intestinos.
C) geralmente é avascularizado, com exceção do epitélio do tubo digestório.
D) geralmente é avascular e recebe nutrição do conjuntivo subjacente, por difusão.
E) é altamente vascularizado, com exceção dos epitélios encontrados no tubo digestório e na epiderme.

02. (UFPI–2009) Os epitélios de revestimento são tecidos cujas células estão dispostas em camadas, recobrindo as superfícies externas ou as cavidades do corpo. Esses epitélios são classificados tendo em vista o número de camadas constituintes e a forma das células na camada mais superficial. Observe o desenho esquemático e analise as proposições a seguir como **VERDADEIRAS**, se totalmente corretas, ou, como **FALSAS**.

Tecido epitelial. Adaptado de Junqueira e Carneiro, 1999.

1. ( ) Os endotélios dos vasos e as cavidades peritoneal e pericárdica são exemplos de epitélio estratificado pavimentoso (fig. F), ao passo que os mesotélios da cavidade pleural são exemplos de epitélios simples cúbico (fig. C).
2. ( ) O revestimento do ovário é constituído por epitélio prismático (fig. F), ao passo que o revestimento do intestino é de epitélio simples cúbico (fig.D).
3. ( ) O epitélio da pele, da boca e do esôfago está caracterizado na figura D; os de revestimento da bexiga e de parte das vias urinárias, bem como da traqueia e dos brônquios, estão demonstrados nas figuras E e F, respectivamente.
4. ( ) Os epitélios simples subdividem-se, de acordo com as formas de suas células, em epitélios simples pavimentoso, cúbico e prismático (fig. A, B e C, respectivamente). Os epitélios estratificados podem ser pavimentosos (fig. D) e de transição (fig. E). O epitélio pseudoestratificado está representado na figura F, sendo este último encontrado no revestimento da traqueia e dos brônquios.

03. (UFPR) Quais as características do tecido epitelial?

A) Tecido derivado do ectoderma e constituído por estruturas que funcionam preferencialmente dando conexão orgânica.
B) Tecido derivado do mesoderma com abundante substância intercelular e com funções de proteção.
C) Tecido proveniente de qualquer um dos folhetos embrionários, de constituição eminentemente celular e com funções de revestimento, proteção e secreção.
D) Tecido derivado do endoderma, formado por células preferencialmente poliédricas e com funções de proteção.
E) Tecido formado por células pavimentosas, de origem mesodérmica e com funções de contração celular.

04. (FCMMG) Entre as células epiteliais, existe frequentemente forte união devido à ação de

A) substância intercelular amorfa adesiva.
B) pontes iônicas de sódio.
C) microvilosidades que criam pequenos vácuos intercelulares.
D) desmossomos.
E) rede de fibras reticulares que prendem as células em suas malhas.

05. (Unifor-CE) Considere os seguintes elementos:

I. Células secretoras.
II. Duto que elimina a secreção.
III. Capilares que atravessam a glândula.
IV. Secreção mucosa.
V. Secreção de hormônios.

Na tabela a seguir, assinale a alternativa que contém os elementos que caracterizam glândulas endócrinas e exócrinas.

	Glândula endócrinas	Glândulas exócrinas
A)	I, II, V	I, III, IV
B)	I, V	II, II, IV
C)	I, III, V	I, II, IV
D)	II, III, IV	I, V
E)	III, IV	III, V

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) A afirmativa **FALSA** sobre o epitélio é:

A) O estratificado de transição é encontrado em revestimento interno da bexiga.

B) O estratificado pavimentoso é encontrado em revestimento do esôfago.

C) O simples prismático é encontrado em revestimento do intestino.

D) O simples pavimentoso é encontrado em revestimento de vasos.

E) O pseudoestratificado é encontrado em revestimento da boca.

02. (PUC Rio) Marque a afirmativa **INCORRETA.**

A) O tecido epitelial de revestimento caracteriza-se por apresentar células justapostas com muito pouco material intercelular.

B) As principais funções do tecido epitelial são: revestimento, absorção e secreção.

C) Na pele e nas mucosas, encontramos epitélios de revestimento.

D) A camada de revestimento interno dos vasos sanguíneos é chamada endotélio.

E) Os epitélios são ricamente vascularizados no meio da substância intercelular.

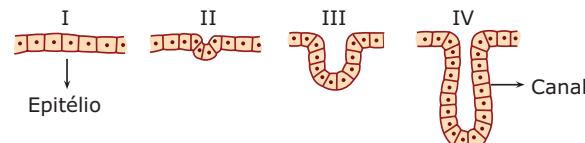
03. (FCMMG) Assinale a alternativa **CORRETA.**

A) O melhor epitélio para proteção é o estratificado não queratinizado.

B) O epitélio de transição é tipicamente observado nas vias respiratórias.

C) As glândulas são formadas por células epiteliais.

D) O melhor epitélio para absorção é o simples ciliado.

E) Células epiteliais de absorção raramente se colocam próximas à célula de secreção.

04. (PUC Minas) São respectivamente glândulas exócrinas holócrina e merócrina:

A) Tireoide e salivar.

B) Tireoide e sebácea.

C) Sebácea e mamária.

D) Sebácea e salivar.

E) Sudorípara e mamária.

05. (UERJ) A camada de queratina da pele representa um grande fator de proteção para o homem. Entre as alternativas a seguir, aquela que justifica essa afirmativa é:

A) A camada de queratina filtra totalmente a radiação ultravioleta.

B) A camada de queratina do epitélio intestinal impede a fixação de parasitas.

C) A camada de queratina atua como primeira barreira na pele, evitando a perda excessiva de água.

D) A camada de queratina situada profundamente na pele facilita o transporte de água através da sudorese.

06. (PUC Minas) Analise o esquema a seguir que representa células do epitélio.

A sequência apresentada demonstra a

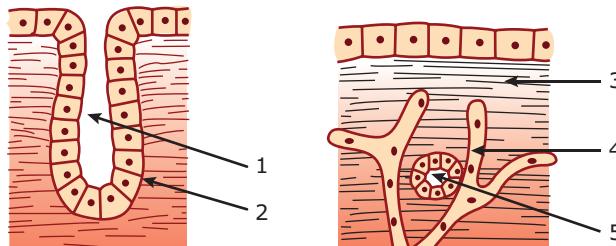
A) formação de uma glândula exócrina.

B) formação de uma glândula endócrina.

C) formação de um epitélio misto.

D) formação de um epitélio pavimentoso.

E) formação de um epitélio pseudoestratificado.

07. (UFES) Com relação ao tecido epitelial, considere as afirmativas a seguir:

I. O epitélio de revestimento do tipo prismático com microvilosidades é comum aos órgãos relacionados com a absorção, como o intestino delgado.

II. As glândulas merócrinas, formadas pelo epitélio glandular, são aquelas que apresentam um ciclo secretor completo, ou seja, elaboram, armazenam e eliminam apenas a secreção.

III. O epitélio pavimentoso estratificado ceratinizado (queratinizado) apresenta uma única camada de células e recobre a superfície corporal dos mamíferos.

IV. As células epiteliais recebem a sua nutrição a partir do tecido conjuntivo subjacente, uma vez que o tecido epitelial é avascular.

V. Denominamos glândulas endócrinas aquelas que lançam parte de seus produtos de secreção na corrente sanguínea e parte em cavidades ou na superfície do corpo.

Assinale:

A) Se todas forem corretas.

B) Se todas forem incorretas.

C) Se I, II e III forem corretas.

D) Se I, IV e V forem corretas.

E) Se I, II e IV forem corretas.

08. (PUC Minas) As glândulas holócrinas caracterizam-se pela eliminação de toda a célula e pela secreção por ela produzida, conjuntamente. Constitui exemplo clássico de glândula holócrina, entre mamíferos,

A) glândulas mamárias.

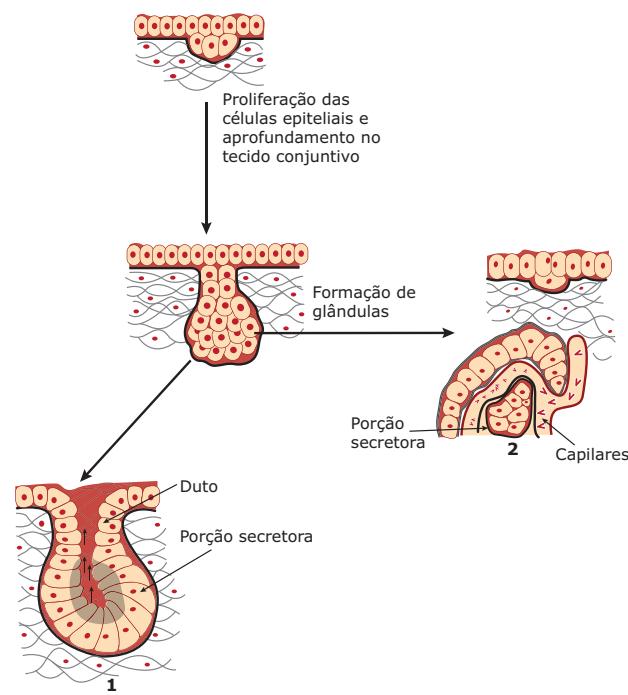
B) pâncreas.

C) glândulas sebáceas.

D) glândulas sudoríparas.

E) glândulas axilares.

09. (UNIRIO-RJ) O esquema a seguir representa os cortes transversais de uma glândula exócrina e outra endócrina:

Assinale a alternativa cuja numeração indica o duto e o capilar sanguíneo, respectivamente.

A) 2 – 3

B) 1 – 4

C) 1 – 5

D) 3 – 4

E) 2 – 5

10. (Cesgranrio) A queratinização das células da pele nos vertebrados tem por função

A) originar, por invaginações da epiderme, os diferentes tipos de glândulas que lubrificam o organismo.

B) proteger as células vivas subjacentes da epiderme contra a ação de agentes externos.

C) estabelecer uma zona de recepção sensorial, controle e regulação dos estímulos internos do corpo.

D) formar a derme, cuja missão principal é dar firmeza e flexibilidade à epiderme.

E) produzir depósitos de substâncias calcárias, como os ossos chatos do crânio de muitos vertebrados e as escamas dos peixes teleósteos.

11. (PUC-RS) Um histologista, observando uma lâmina que contém um corte da mucosa intestinal, pode verificar que suas células formadoras têm uma grande capacidade de absorção. Isso se deve ao fato da presença nelas de grande número de

A) plasmodesmos

B) flagelos.

C) desmossomos.

D) núcleos.

E) microvilosidades.

12. (FUVEST-SP) O tecido epitelial, como regra, não tem vasos sanguíneos. Como, então, suas células são alimentadas?

13. (PUC Minas) O esquema ilustra a origem de dois tipos de glândulas a partir de superfícies epiteliais.

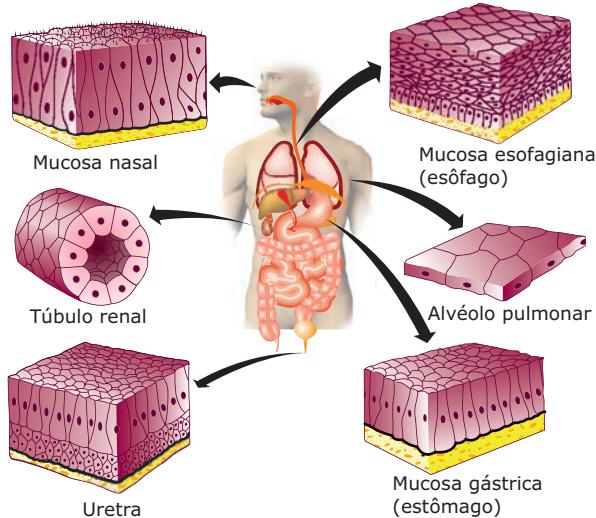
Com base no esquema e em seus conhecimentos, indique a alternativa **FALSA**.

A) Todas as glândulas do tipo representado em 1 são de origem ectodérmica.

B) Em 1, observamos uma glândula exócrina que libera o produto de sua secreção em uma superfície epitelial.

C) Algumas glândulas do tipo representado em 1 podem participar da regulação térmica em alguns animais.

D) O produto de secreção da glândula representada em 2 é chamado de hormônio.

E) Tireoide é um exemplo de glândula representada em 2.

SEÇÃO ENEM

01. Os epitélios de revestimento podem ser classificados em função da morfologia de suas células e do número de camadas celulares, conforme mostra o quadro a seguir.

Quanto às formas celulares	
Epitélio	**Forma celular**
Pavimentoso	Achatada ("ladrilho"), com núcleo linear.
Cúbico	Aproximadamente cúbica, com núcleo esférico.
Prismático	Alta com núcleo alongado.
Transição	Diversas, variando do esférico ao pavimentoso e vice-versa.
Quanto ao número de camadas celulares	
Epitélio	**Número de camadas celulares**
Simples	Camada única com núcleos na mesma altura.
Estratificado	Duas ou mais camadas ou estratos, com núcleos em alturas variadas.
Pseudo-estratificado	Uma só camada de células altas e irregulares, com núcleos em diferentes alturas, fato que imita o tecido estratificado.

Fonte: SÍDIO, M. *Biologia para o Ensino Médio.* São Paulo: Scipione, 2003, p. 163, v. único. (Adaptação).

A figura a seguir mostra a localização de alguns tipos de epitélio de revestimento presentes no corpo humano.

Fonte: AMABIS e MARTHO. *Conceitos de Biologia*. São Paulo: Moderna, pág. 186, v.1 (Adaptação).

Com base nas informações fornecidas pelo quadro e pela figura, é correto afirmar que o epitélio simples pavimentoso é encontrado

A) nos túbulos renais.
B) nas mucosas do estômago e do esôfago.
C) nos alvéolos pulmonares.
D) na mucosa nasal.
E) na uretra.

02. *Em determinadas condições patológicas, certas células podem sofrer alterações e dar origem a um novo tipo de tecido. Esse processo, denominado metaplasia, é uma alteração reversível, e acontece por exemplo, nas vias respiratórias de fumantes crônicos. Nesses indivíduos, sob a ação irritante do fumo, a variedade de tecido epitelial que normalmente reveste internamente a traquéia e os brônquios pode ser substituída por epitélio estratificado pavimentoso.*

JUNQUEIRA & CARNEIRO. *Histologia Básica.* 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1995. p. 58. (Adaptação).

O tecido epitelial que normalmente reveste internamente os órgãos das vias respiratórias mencionadas no texto é o

A) Simples pavimentoso
B) Simples cúbico
C) Pseudoestratificado
D) Estratificado-cúbico
E) Transicional

GABARITO

Fixação

01. D
02. F F V V
03. C
04. D
05. C

Propostos

01. E
02. E
03. C
04. D
05. C
06. A
07. E
08. C
09. B
10. B
11. E
12. Apesar da ausência de vasos sanguíneos, as células dos tecidos epiteliais recebem nutrientes por difusão a partir dos tecidos conjuntivos subjacentes que, em geral, são ricamente vascularizados.
13. A

Seção Enem

01. C
02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 02 FRENTE B

Histologia animal: tecidos conjuntivos próprio, adiposo e hematopoiético

Originados a partir do mesoderma, os tecidos conjuntivos caracterizam-se por apresentarem diversos tipos de células, separadas por abundante substância intercelular ou matriz, e por serem vascularizados (com exceção do tecido cartilaginoso).

O quadro a seguir mostra as principais variedades de tecido conjuntivo.

Tecidos conjuntivos

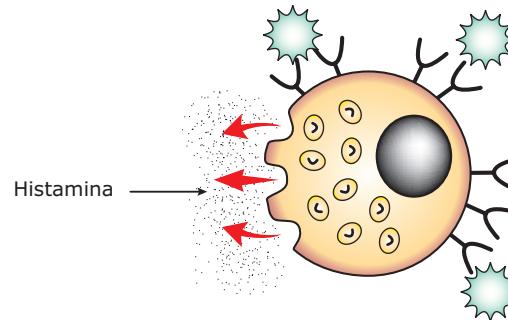
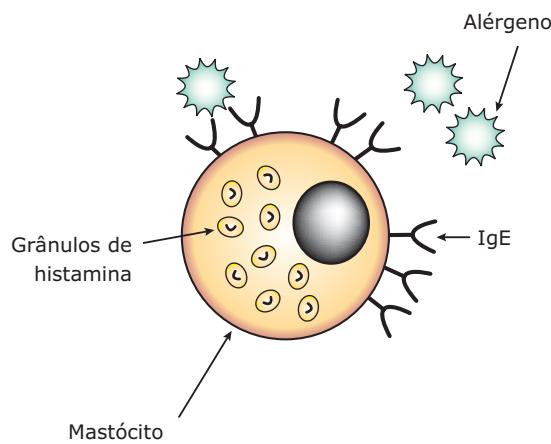
Propriamente dito (TCPD)	Frouxo	
	Denso	Modelado (Tendinoso)
		Não modelado (Fibroso)
De propriedades especiais	Adiposo	
	Hematopoiético	Mieloide
		Linfoide
De transporte	Sanguíneo	
	Linfático	
De sustentação	Cartilaginoso	
	Ósseo	

TECIDO CONJUNTIVO PROPRIAMENTE DITO

Também chamado de tecido conjuntivo próprio ou tecido conjuntivo comum, o conjuntivo propriamente dito se caracteriza por ter uma grande variedade de células, separadas por uma substância intercelular constituída pela substância fundamental amorfa e por fibras proteicas. O quadro a seguir mostra os principais componentes desse tecido.

Conjuntivo propriamente dito

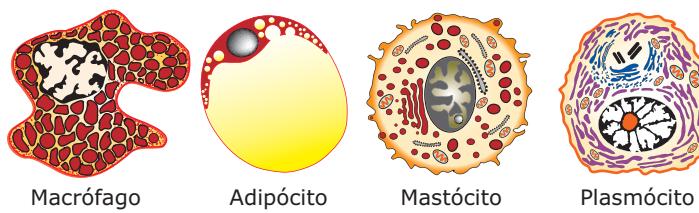
Células	Fibroblastos Fibrócitos Macrófagos Histiócitos Adipócitos Mastócitos Plasmócitos Células mesenquimatosas	
Substância intercelular	Substância amorfa	
	Fibras proteicas	Colágenas
		Elásticas
		Reticulares

- **Fibroblastos** são as células mais frequentes do conjuntivo propriamente dito. Volumosas, de contornos irregulares, mostram-se com aspecto estrelado e, às vezes, com expansões ramificadas do citoplasma. São responsáveis pela produção da substância intercelular. Têm grande atividade na síntese de proteínas, que são necessárias à formação das fibras da substância intercelular. Por isso, apresentam o ergastoplasma (retículo endoplasmático granuloso) e o complexo golgiense bastante desenvolvidos. Quando adultas, essas células se tornam relativamente inativas (em repouso), passando a ser chamadas de **fibrócitos**. Os fibrócitos apresentam uma morfologia mais regular, devido à retração das expansões citoplasmáticas. Em processos de cicatrização, havendo um estímulo adequado, o fibrócito pode voltar a sintetizar fibras, passando a ter novamente o aspecto do fibroblasto.

- **Macrófagos** são células grandes, móveis, que se deslocam por movimentos ameboides. Sua função é limpar o tecido, fagocitando agentes infecciosos que penetram no corpo e, também, restos de células mortas. Como possuem alto poder fagocitário, os macrófagos são importantes células de defesa do nosso organismo. Quando não estão em atividade de fagocitose, permanecem fixos (imóveis), retraindo os pseudópodes, passando a ser chamados de **histiócitos**.

  Os macrófagos originam-se dos monócitos (um tipo de glóbulo branco) que atravessam a parede dos vasos sanguíneos e penetram no conjuntivo próprio, onde aumentam de tamanho e intensificam a síntese de proteínas. O complexo golgiense fica mais desenvolvido, e o número de lisossomos, microtúbulos e microfilamentos aumenta. Portanto, o monócito e o macrófago são a mesma célula, em diferentes fases de maturação. No fígado, os macrófagos recebem o nome especial de células de Kuppfer. As células dendríticas (células apresentadoras de antígenos) também são macrófagos possuidores de numerosos prolongamentos que aumentam consideravelmente a superfície celular, onde ficam retidas as moléculas estranhas (antígenos), facilitando assim a resposta imunitária.

- **Adipócitos** são células volumosas, arredondadas, que armazenam grande quantidade de gordura no citoplasma. Com o acúmulo de gordura, o núcleo da célula é deslocado para a periferia.

- **Mastócitos** são células grandes, globosas, de citoplasma granuloso (contendo granulações). Essas granulações são acúmulos de **heparina** e **histamina**, substâncias produzidas por essas células. A heparina é um anticoagulante, e a histamina é uma substância vasodilatadora, que, também, aumenta a permeabilidade dos vasos sanguíneos, sendo liberada nos processos inflamatórios e alérgicos. A reação alérgica pode variar de pessoa para pessoa, dependendo do tipo de alérgeno que a provoca. Alergia a pelos de animais, por exemplo, costuma provocar inflamação das mucosas, com lacrimejamento e secreção nasal abundante. Já alergia a substâncias contidas em alimentos pode provocar vômitos e diarreia. Em muitos tipos de alergia, a musculatura lisa dos bronquíolos se contrai, provocando estreitamento das vias respiratórias e dificultando, assim, a passagem do ar.

Havendo predisposição genética, quando ocorre a 1ª exposição do organismo ao alérgeno (antígeno), uma classe especial de imunoglobulinas (anticorpos), a imunoglobulina E (IgE), passa a ser produzida e fixa-se na membrana dos mastócitos. Ao penetrar no organismo, em uma exposição subsequente, o alérgeno liga-se à imunogamaglobulina E da membrana dos mastócitos, provocando uma reação nessas células conjuntivas, que, então, passam a liberar histamina para o meio extracelular.

A histamina liberada pelos mastócitos provoca os conhecidos sintomas de coriza, lacrimejamento, edema e congestão das mucosas, como nas rinites, indisposição geral, dor de cabeça, estreitamento dos brônquios (bronquite asmática). Essas reações alérgicas são denominadas "reações de sensibilidade imediata" porque ocorrem rapidamente, poucos minutos após a penetração do antígeno. Medicamentos que inibem a ação da histamina, os anti-histamínicos, aliviam os sintomas da alergia.

Os mastócitos são encontrados, especialmente, junto aos vasos sanguíneos.

- **Plasmócitos** são células pequenas, ovaladas, com um retículo rugoso muito desenvolvido. O núcleo, que não ocupa posição central, apresenta uma cromatina disposta de tal forma que lembra, segundo alguns autores, uma "roda de carroça". Os plasmócitos também são células de defesa, uma vez que produzem anticorpos contra substâncias e contra micro-organismos estranhos. Os plasmócitos originam-se dos linfócitos B (um tipo de glóbulo branco).

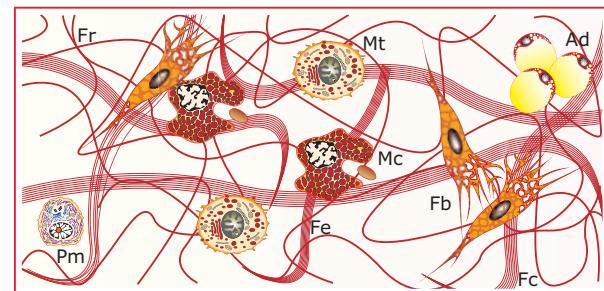
Macrófago

Adipócito

Mastócito

Plasmócito

Além das células já mencionadas, leucócitos e células mesenquimatosas também são encontrados no conjuntivo propriamente dito. Os leucócitos (glóbulos brancos), como os neutrófilos, eosinófilos e linfócitos, chegam ao conjuntivo próprio, vindos do sangue por diapedese, ou seja, migrando através das paredes dos capilares e vênulas. As células mesenquimatosas são células embrionárias, indiferenciadas, que persistem no tecido conjuntivo do indivíduo adulto, sendo capazes de se diferenciar em alguns tipos de células conjuntivas, como fibroblastos.

- **Substância fundamental amorfa** é uma substância viscosa, de aspecto gelatinoso, constituída por água, sais, proteínas e, principalmente, mucopolissacarídeos (glicoproteínas) produzidos pelos fibroblastos. Essa substância preenche os espaços entre as células e as fibras do conjuntivo.
- **Fibras** são filamentos proteicos encontrados dispersos na substância amorfa. As proteínas que formam essas fibras são produzidas pelos fibroblastos. Essas fibras podem ser de três tipos: colágenas, elásticas e reticulares.

  As **fibras colágenas** são as mais grossas e as mais frequentemente encontradas. São constituídas por uma proteína denominada colágeno, que é a proteína mais abundante do corpo humano (cerca de 30% do total de proteínas do corpo). São flexíveis, brancas e possuem grande resistência, distendendo-se pouco quando tensionadas.

  As **fibras elásticas** são mais finas do que as colágenas, de coloração amarela, sendo constituídas pela proteína elastina, que, conforme o próprio nome diz, possui boa elasticidade. Quando você puxa e solta a pele da parte de cima de sua mão, são as fibras elásticas que rapidamente devolvem à pele sua forma original.

  As **fibras reticulares** são as mais delgadas do tecido conjuntivo e se entrelaçam de forma a constituir um retículo (pequena rede). São constituídas por colágeno associado a glicídios.

O **TCPD** (tecido conjuntivo propriamente dito) é subdividido em: tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso.

A) **Tecido conjuntivo frouxo** – É um tecido onde não há predomínio acentuado de nenhum elemento, sejam células, fibras ou substância fundamental. Suas fibras estão dispostas sem qualquer orientação. É de consistência delicada, flexível e pouco resistente à tração. Esse tecido forma a lâmina própria, que apoia e nutre o tecido epitelial. É encontrado também envolvendo nervos, vasos sanguíneos e linfáticos.

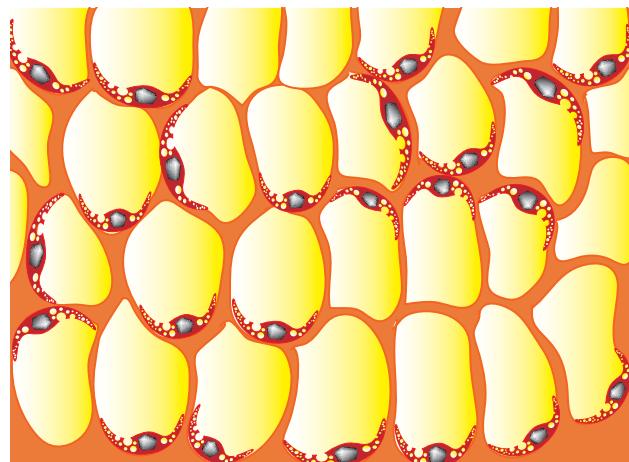
***Tecido conjuntivo frouxo** – **Fb** = Fibroblasto; **Mc** = Macrófago; **Fc** = Fibra colágena; **Ad** = Adipócito; **Fr** = Fibra reticular; **Mt** = Mastócito; **Pm** = Plasmócito; **Fe** = Fibra elástica.*

B) **Tecido conjuntivo denso** – Há predomínio de fibras colágenas em relação às células. Entre as células, as mais frequentes são os fibroblastos. É muito resistente e, conforme a disposição de suas fibras, subdivide-se em modelado e não modelado.

B.1) **Denso modelado** – Também conhecido por denso ordenado ou ainda tendinoso, apresenta fibras colágenas dispostas de forma ordenada, organizadas em uma única direção, formando feixes compactos e paralelos. Entre esses feixes, há fibroblastos. É o tecido que forma os tendões e os ligamentos.

Os tendões são cordões muito resistentes que ligam os músculos aos ossos. Um tendão bem visível é o que liga os músculos da "barriga" da perna ao osso do calcanhar, o tendão calcâneo (conhecido popularmente por tendão de Aquiles).

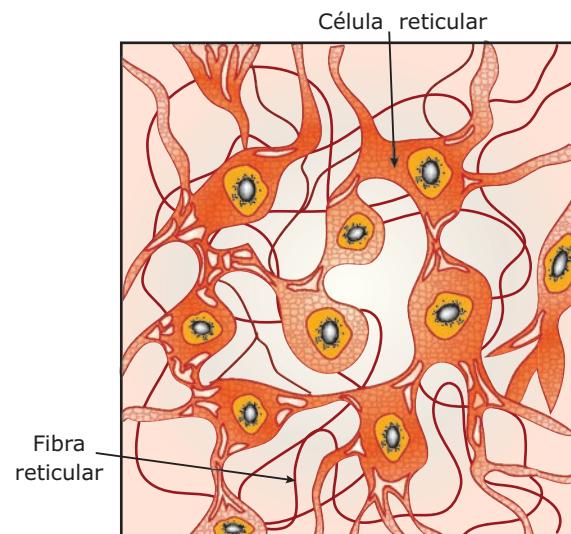
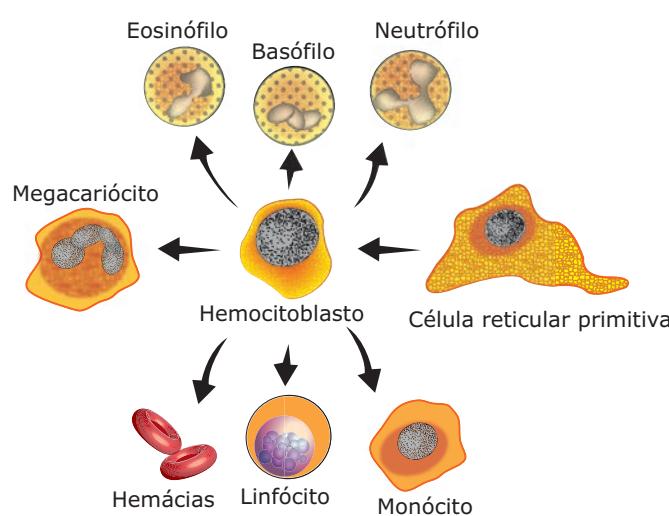
Os ligamentos são cordões que ligam os ossos entre si, unindo-os na região das articulações.

B.2) Denso não modelado – Também chamado de denso desordenado, possui fibras colágenas distribuídas de maneira difusa, não ordenadas, em todas as direções. É encontrado na camada mais profunda da derme, no periósteo (película que envolve os ossos), no pericôndrio (película que envolve as cartilagens) e nas cápsulas que envolvem alguns órgãos, como os rins, o fígado, os testículos e o baço.

TECIDO CONJUNTIVO ADIPOSO

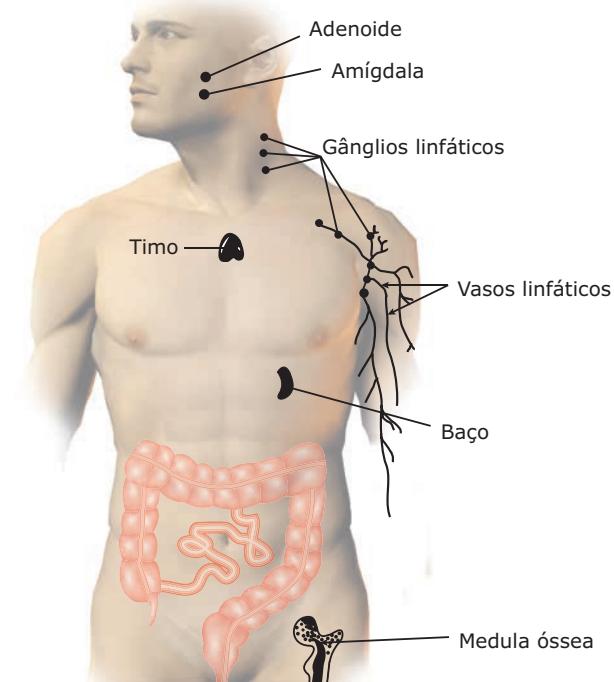
O tecido conjuntivo adiposo ou gorduroso possui os mesmos constituintes do conjuntivo propriamente dito, apresentando, entretanto, um predomínio de adipócitos. Os fibroblastos, macrófagos e mastócitos, bem como as fibras proteicas, estão em número reduzido. As células adiposas (adipócitos), que são numerosas, se reúnem formando grupos de células, separados por septos de tecido conjuntivo frouxo.

As células adiposas se originam no embrião, a partir dos lipoblastos, derivados das células mesenquimatosas indiferenciadas. Acredita-se que, durante um curto período de tempo, após o nascimento, estímulos diversos e, principalmente, alimentação excessiva promovam o aparecimento de novos lipoblastos. Depois dessa fase, as células adiposas não se dividem mais, e o crescimento do tecido ocorre devido ao acúmulo de lipídios nos adipócitos. Assim o indivíduo adulto engorda pela deposição de lipídios nas células adiposas já existentes.

O tecido adiposo pode ser unilocular ou multilocular.

A) Tecido adiposo unilocular (tecido adiposo comum, tecido adiposo amarelo) – Suas células são grandes e possuem o citoplasma preenchido por uma volumosa gota de gordura, cuja quebra libera energia para o metabolismo, ou seja, para a produção de ATP. A coloração desse tecido varia entre o branco e o amarelo-escuro, dependendo, em parte, da dieta. Essa coloração deve-se principalmente ao acúmulo de carotenoides dissolvidos nas gorduras. É um tecido de reserva, pois é um reservatório de gordura, combustível orgânico altamente energético (lembre-se de que os lipídios constituem a segunda fonte de energia para o nosso organismo). Além de ser reservatório energético, exerce outras funções, como a de isolamento térmico e a de proteção contra choques mecânicos (ação amortecedora dos choques).

***Tecido adiposo unilocular** – O tecido adiposo unilocular distribui-se no corpo humano de acordo com o biotipo, sexo e idade e constitui reserva de energia e de proteção contra o frio. É encontrado na tela subcutânea (panículo adiposo, tecido subcutâneo, hipoderme), na medula óssea amarela (tutano) e também pode ocorrer ao redor de alguns órgãos, como os rins e o coração.*

B) Tecido adiposo multilocular (tecido adiposo pardo) – Suas células são menores do que as do tecido unilocular, têm forma poligonal e apresentam em seu citoplasma várias gotículas de gordura e numerosas mitocôndrias. Sua coloração parda deve-se à vascularização abundante e às numerosas mitocôndrias presentes em suas células. Por serem ricas em citocromos, as mitocôndrias têm cor avermelhada. As mitocôndrias do tecido multilocular possuem nas suas membranas internas uma proteína chamada termogenina, que impede a ocorrência das reações de ATP sintetase e, em consequência disso, a energia liberada pelo fluxo de elétrons não é usada para sintetizar ATP, sendo dissipada como calor. Assim, a função do tecido adiposo multilocular é produzir calor. Ao contrário do tecido unilocular, que é encontrado por quase todo o corpo, o tecido multilocular é de distribuição limitada. Predomina em fetos e em recém-nascidos, protegendo-os contra o frio excessivo. Como esse tecido não cresce e nem há neoformação do mesmo após o nascimento, nem ocorre transformação de um tipo de tecido adiposo em outro, sua quantidade no adulto é extremamente reduzida.

TECIDO CONJUNTIVO HEMATOPOIÉTICO

Também chamado de hematocitopoiético ou ainda de reticular, esse tecido, responsável pela hematopoiese (formação das células sanguíneas), é formado por fibras reticulares em íntima associação com células reticulares primitivas, que são, na realidade, fibroblastos especializados na produção de fibras reticulares. Entre as células reticulares, existe um número variável de macrófagos e muitas células hematopoiéticas, que darão origem às células do sangue.

Desenho esquemático do tecido reticular, mostrando as relações entre as células reticulares e as fibras do mesmo nome. As fibras têm localização extracelular.

Hematopoiese *– No tecido hematopoiético, as células reticulares primitivas originam primeiramente os hemocitoblastos, que, por sua vez, dão origem a todas as células sanguíneas.*

O tecido hematopoiético é subdividido em duas variedades: mieloide e linfoide.

A) **Tecido mieloide** – Encontrado no interior dos ossos, formando a medula óssea vermelha ou hematógena, é responsável pela produção de hemácias (glóbulos vermelhos), plaquetas e leucócitos (glóbulos brancos).

B) **Tecido linfoide** – Encontrado espalhado pelo nosso corpo, principalmente no timo, no baço e nos gânglios linfáticos (linfonodos). Adenoide e amígdalas também possuem esse tecido. No tecido linfoide ocorre maturação de linfócitos (um tipo de glóbulo branco).

Órgãos com tecido hematopoiético.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) **NÃO** é conjuntivo o tecido

A) ósseo.

B) cartilaginoso.

C) sanguíneo.

D) hematopoiético.

E) glandular.

02. (FED. ESC. SUP. ILHÉUS E ITABUNA – BA) Examinando um tecido conjuntivo frouxo, um histologista observou três tipos de células e fez as seguintes anotações:

I	II	III
Células arredondadas. Produzem anticorpos contra substâncias estranhas.	Células com enorme vacúolo central. Reserva substâncias nutritivas.	Células grandes mais ou menos ovoides. Ingerem, por fagocitose, bactérias ou outros agentes infecciosos.

As características observadas nos grupos I, II e III encontram-se, respectivamente, em

A) células adiposas, macrófagos, plasmócitos.

B) fibroblastos, macrófagos, plasmócitos.

C) plasmócitos, células adiposas, macrófagos.

D) células adiposas, plasmócitos, macrófagos.

E) fibroblastos, células adiposas, macrófagos.

03. (EFOA-MG) O tecido responsável pela formação de células sanguíneas vermelhas (hematopoiético mieloide) é encontrado no(s)

A) interior dos ossos.

B) coração.

C) baço.

D) fígado.

E) gânglios linfáticos.

04. (FCMMG) Paul Ehrlich (1854-1915), ainda quando estudante, criou métodos para corar as células a fim de facilitar seu exame ao microscópio. Foi ele quem descreveu o mastócito (célula mama) e o chamou assim porque acreditava serem os grânulos do seu citoplasma nutrientes que seriam "mamados" por outras células.

Hoje sabemos que tais grânulos estão relacionados à (aos)

A) armazenagem de anticorpos no citoplasma.

B) fenômenos alérgicos mediados pela histamina.

C) polirribossomos para síntese de enzimas digestivas.

D) fagossomos por mecanismos prévios de pinocitose.

05. (UFRGS) Considere as afirmações a seguir sobre o tecido conjuntivo adiposo em seres humanos.

I. Ele é originado a partir de células do ectoderma do embrião.

II. Um súbito emagrecimento provoca a redução do número de adipócitos no corpo.

III. Crianças recém-nascidas são protegidas do frio pela presença de um tecido adiposo multilocular, rico em mitocôndrias.

Quais estão **CORRETAS**?

A) Apenas I.

B) Apenas II.

C) Apenas III.

D) Apenas I e II.

E) Apenas II e III.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFLA-MG–2009) O tecido conjuntivo encontrado nos tendões, que unem os músculos aos ossos, é classificado como

A) tecido conjuntivo frouxo.

B) tecido conjuntivo cartilaginoso.

C) tecido conjuntivo denso modelado.

D) tecido conjuntivo denso não modelado.

02. (PUC-Campinas-SP) Tecido conjuntivo denso, com predominância de fibras colágenas orientadas paralelamente, portanto bastante resistente, mas pouco elástico, é o que forma

A) os músculos.

B) os tendões.

C) as mucosas.

D) as cartilagens.

E) a derme.

03. (Unifor-CE) Considere as seguintes funções:

- Isolamento térmico
- Reserva energética
- Proteção contra choques mecânicos

Nos mamíferos, essas três funções são desempenhadas

A) pela pelagem.

B) pela epiderme.

C) pelas glândulas sebáceas.

D) pela circulação da pele.

E) pelo panículo adiposo.

04. (PUC Minas) Com relação às células do tecido conjuntivo, é **INCORRETO** afirmar:

A) Os fibroblastos produzem mucopolissacarídeos.

B) Os macrófagos são células fagocitárias.

C) Os macrófagos são ricos em lisossomos.

D) Os mastócitos produzem histamina.

E) Os plasmócitos produzem heparina.

05. (FUVEST-SP) Tem função hematopoiética

A) as glândulas parótidas.

B) as cavidades do coração.

C) o fígado e o pâncreas.

D) o cérebro e o cerebelo.

E) a medula óssea vermelha.

06. (UFPR) As células encarregadas da produção de anticorpos específicos contra agentes patogênicos ou corpos estranhos ao organismo são os

A) macrófagos.

B) plasmócitos.

C) mastócitos.

D) adipócitos.

E) fibroblastos.

07. (UFMT) Os macrófagos ou histiócitos são células amplamente distribuídas no tecido conjuntivo.

A principal função dos macrófagos é

A) realizar a fagocitose.

B) participar do processo de coagulação.

C) acumular gorduras.

D) produzir anticorpos.

E) sintetizar os elementos extracelulares do tecido conjuntivo.

08. (Newton Paiva-MG) Por imunofluorescência, verificou-se que, ao injetar um antígeno, para a produção de soro antidiftérico, certas células do tecido conjuntivo mostraram intensa atividade no nível do ergastoplasma. Isso indicava uma grande produção de anticorpos.

Essas células são denominadas

A) mastócitos.

B) macrófagos.

C) histiócitos.

D) plasmócitos.

09. (PUC Minas) Quando há um corte na pele, os fibroblastos migram para a região danificada e produzem fibras colágenas, promovendo o fechamento do corte. As células e as fibras citadas pertencem ao tecido

A) epitelial.

B) conjuntivo.

C) glandular.

D) muscular.

E) nervoso.

10. (Uniube-MG–2007) O tecido conjuntivo se caracteriza por ser rico em matriz extracelular e apresentar diferentes tipos de células com funções específicas nos processos biológicos. As afirmativas a seguir se referem à caracterização e às funções dessas células. Analise-as.

I. Resultam da diferenciação de linfócitos e são responsáveis pela síntese de anticorpos.

II. São células esféricas com uma grande quantidade de grânulos contendo histamina e heparina.

III. Resultam da diferenciação de monócitos, são ricas em lisossomos e são responsáveis pela fagocitose de patógenos.

IV. São células grandes com prolongamentos que lhes dão o aspecto ramificado e são responsáveis pela síntese de colágeno.

Assinale a alternativa que contém as afirmativas que se referem às funções dos mastócitos e dos macrófagos.

A) II e III apenas

B) I e IV apenas

C) III e IV apenas

D) I e II apenas

E) II e IV apenas

11. (UFPE–2008) *São células grandes, de contorno irregular, com núcleo que lembra forma de um rim; podem deslocar-se por pseudópodes; são células fagocitárias, ricas em lisossomos e têm ampla distribuição pelo corpo.*

São células conjuntivas denominadas

A) fibroblastos.

B) macrófagos.

C) mastócitos.

D) plasmócitos.

E) mieloblastos.

12. (UDESC-SC) A famosa gordura localizada é uma das principais razões que levam as pessoas para as academias de ginástica. Ela é formada por camadas de tecido adiposo, que se desenvolve em certos locais do corpo (quadris, abdome, etc.) de maneira acentuada. Contudo, todo o nosso corpo é envolvido, mais ou menos, por uma camada de gordura que fica abaixo da pele. Com base nessa afirmativa, responda:

A) Como são denominadas as células desse tecido e qual a substância orgânica que armazenam?

B) A presença desse tecido é importante para o metabolismo do organismo. **COMENTE** sobre a função da camada de tecido adiposo existente em nosso corpo.

BIOLOGIA

SEÇÃO ENEM

01. "A deficiência de ácido ascórbico (vitamina C) causa o escorbuto, doença que representa uma degeneração generalizada no tecido conjuntivo. Na falta de vitamina C, os fibroblastos param de sintetizar colágeno, de modo que as fibras destruídas não são substituídas. O ácido ascórbico é um cofator das enzimas prolina-hidroxilase e lisina-hidroxilase, essenciais para a síntese do colágeno."

JUNQUEIRA & CARNEIRO. *Histologia Básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995., p. 92. (Adaptação).

De acordo com o texto, é correto dizer que

A) os fibroblastos são responsáveis pela síntese da vitamina C no tecido conjuntivo.

B) o escorbuto nada tem a ver com as fibras do tecido conjuntivo.

C) a síntese do colágeno depende da ação da enzima colagenase.

D) no escorbuto ocorre aumento do número de fibroblastos.

E) a deficiência de vitamina C impede a síntese de colágeno pelos fibroblastos.

02. (Enem–2007) A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso do protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

Sensibilidade	Tipo de pele e outras características	Proteção recomendada	FPS recomendado	Proteção a queimaduras
extremamente sensível	branca, olhos e cabelos claros	muito alta	FPS ≥ 20	muito alta
muito sensível	branca, olhos e cabelos próximos do claro	alta	12 ≤ FPS ≥ 20	alta
sensível	morena ou amarela	moderada	6 ≤ FPS ≥ 20	moderada
pouco sensível	negra	baixa	2 ≤ FPS ≥ 6	baixa

As informações anteriores permitem afirmar que

A) as pessoas de pele muito sensível, ao usarem filtro solar, estarão isentas do risco de queimaduras.

B) o uso de filtro solar é recomendado para todos os tipos de pele exposta à radiação solar.

C) as pessoas de pele sensível devem expor-se 6 minutos ao sol antes de aplicarem o filtro solar.

D) as pessoas de pele amarela, usando ou não filtro solar, devem expor-se ao sol por menos tempo que as pessoas de pele morena.

E) o período recomendado para que as pessoas de pele negra exponham-se ao sol é de 2 a 6 horas diárias.

GABARITO

Fixação

01. E 02. C 03. A 04. B 05. C

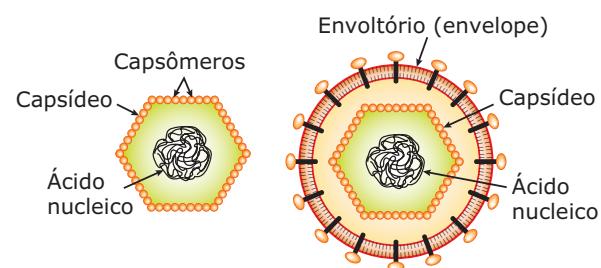
Propostos

01. C
02. B
03. E
04. E
05. E
06. B
07. A
08. D
09. B
10. A
11. B
12. A) As células são adipócitos que armazenam lipídios.
B) Função de reserva energética: os lipídios constituem a segunda fonte de energia para o organismo e, havendo necessidade, são utilizados com essa finalidade. Uma outra função é a de proteção mecânica: os lipídios protegem orgãos internos, especialmente os ossos, uma vez que funcionam como amortecedores de impactos. Outra função é a de isolante térmico: por serem maus condutores de calor, os lipídios contribuem para a manutenção da nossa homeotermia, uma vez que dificultam a perda de calor para o meio externo, notadamente nos dias mais frios.

Seção Enem

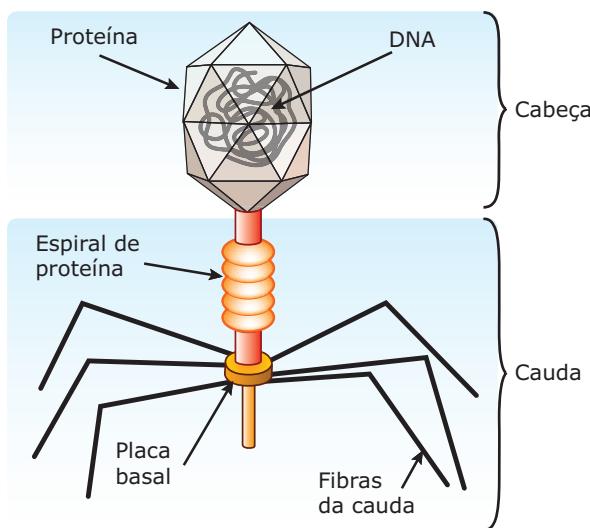
01. E 02. B

BIOLOGIA

Vírus

Os vírus (do latim *virus*, veneno) são seres que apresentam características típicas da matéria viva e características típicas da matéria bruta, ou seja, ora têm comportamento de seres vivos, ora comportam-se como seres inertes. Assim, ainda existem divergências a respeito de os vírus se enquadrarem ou não no mundo vivo, razão pela qual eles não foram incluídos em nenhum dos reinos dos seres vivos, sendo o seu estudo feito separadamente dos demais grupos de seres vivos. Entretanto, apesar de os vírus serem acelulares, muitos autores os consideram como seres vivos pertencentes ao grupo dos micro-organismos. Quanto à origem dos vírus, parece haver um consenso de que estes não representam a forma de vida mais primitiva, principalmente por dependerem da presença de células vivas para a sua sobrevivência. Segundo a teoria da evolução retrógrada, os vírus seriam descendentes de parasitas intracelulares que teriam perdido a autonomia metabólica durante o processo evolutivo, conservando, entretanto, uma bagagem genética suficiente para manter sua identidade e sua capacidade de multiplicação. Uma outra teoria que tenta explicar a origem dos vírus é a chamada teoria da origem celular, segundo a qual os vírus seriam componentes celulares, como plasmídios ou RNAm, que, por processos de recombinação, teriam adquirido um invólucro proteico, separando-se da célula original.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS VÍRUS

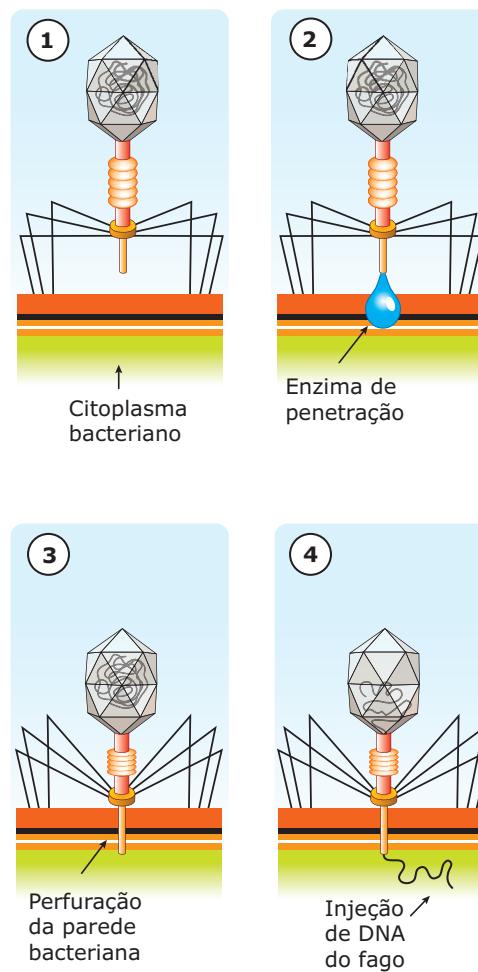
- São acelulares, ou seja, não possuem organização celular.
- Não possuem metabolismo próprio.
- Quando estão livres, isto é, fora das células de um organismo, em geral, podem cristalizar-se por tempo indeterminado, assim como os minerais.
- Quimicamente, são constituídos por proteínas e por ácido nucleico. Alguns, além das proteínas e do ácido nucleico, também possuem lipídios e carboidratos.
- Seu material genético (DNA ou RNA) é capaz de sofrer mutações.
- São capazes de se reproduzir quando estão no interior de uma célula viva.
- São parasitas intracelulares obrigatórios, já que só conseguem se reproduzir quando estão no interior de uma célula, usando, para tanto, a energia e o equipamento bioquímico da célula hospedeira.
- Suas dimensões são ultramicroscópicas, variando entre 17 nm e 300 nm (lembre-se de que 1nm = 10^{-6} mm). Com essas dimensões, são visualizados apenas em microscopia eletrônica.
- Possuem morfologia diversificada. Não existe um padrão de forma para todos os vírus.

Componentes de um vírus *– Independentemente de sua forma, os vírus são constituídos basicamente por um invólucro proteico denominado capsídeo (capsídio, cápside) e por um cerne (miolo) onde fica o material genético representado pelo ácido nucleico. O capsídeo é formado por unidades polipeptídicas denominadas capsômeros, que têm a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células. Isso permite que o vírus ataque e reconheça o tipo de célula adequado para penetrar e parasitar. Alguns vírus também possuem, mais externamente, envolvendo o capsídeo, um envoltório (ou envelope) de natureza glicoproteica e / ou lipídica.*

O material genético do vírus, isto é, o genoma viral, é representado pelo DNA ou pelo RNA. Os que possuem DNA são chamados genericamente de desoxivírus, enquanto os que têm RNA são os ribovírus. Alguns desoxivírus têm DNA de fita dupla, enquanto outros possuem DNA de fita simples. Também entre os ribovírus existem aqueles que possuem RNA de fita dupla e os que têm RNA de fita simples. Quando fora das células hospedeiras, a partícula viral é chamada de vírion. O vírion nunca apresenta atividade metabólica e não tem capacidade de reprodução, mesmo quando colocado em meios nutritivos. Pode ser cristalizado e armazenado por longos períodos de tempo. Após esse tempo, o vírion, em condições adequadas, pode voltar a infectar uma célula.

A REPRODUÇÃO (MULTIPLICAÇÃO) DOS VÍRUS

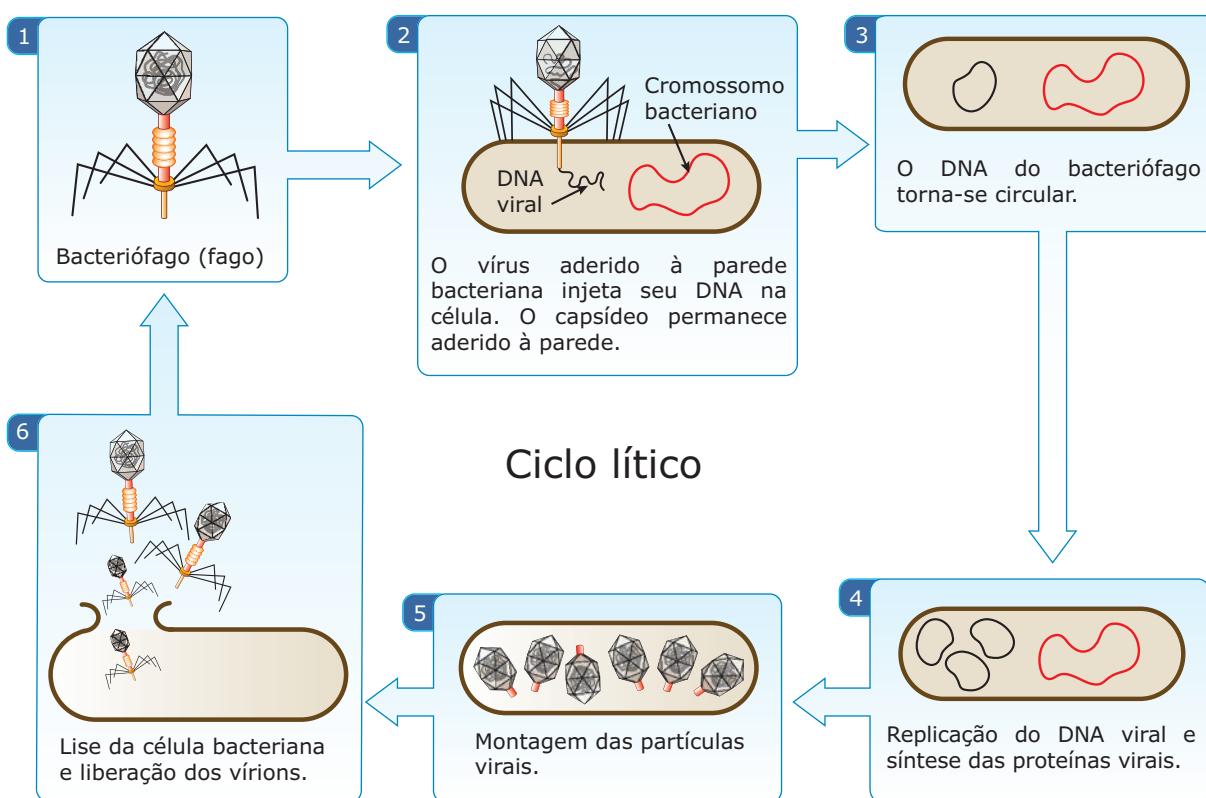
Os vírus só se reproduzem quando estão no interior de uma célula hospedeira. Ao longo de sua evolução, os vírus adquiriram mecanismos para subverter o funcionamento da célula hospedeira e se reproduzir à custa dela. O vírus utiliza todo o maquinário metabólico da célula parasitada, assim como suas matérias-primas, para fabricar várias cópias idênticas de si próprio. Essa reprodução envolve as seguintes etapas: duplicação do material genético viral, síntese das proteínas do capsídeo e montagem de novas partículas virais no interior da célula hospedeira.

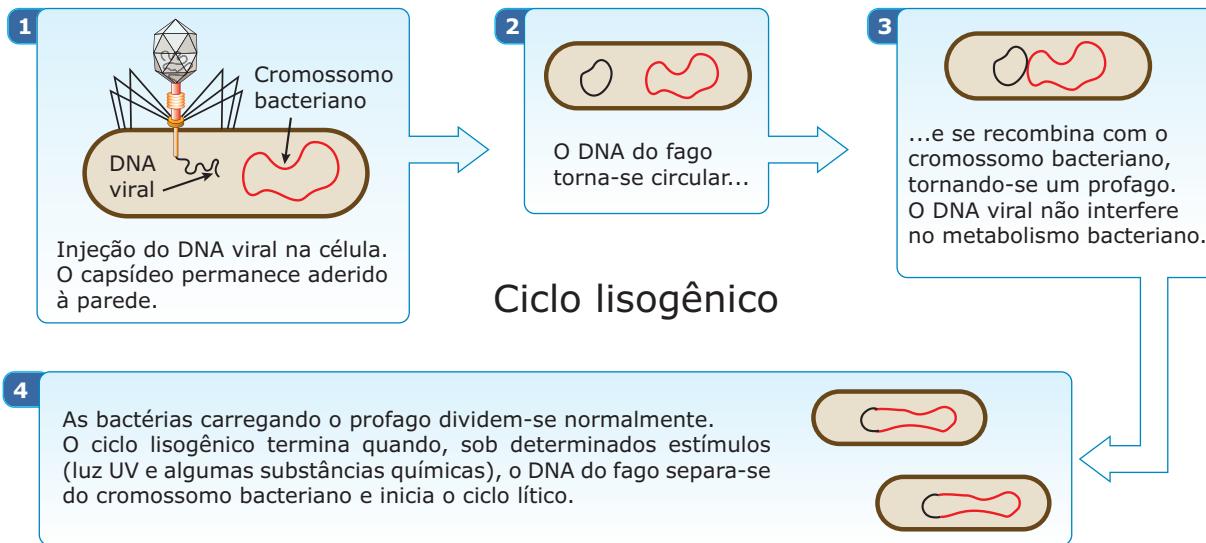
Vírus de DNA

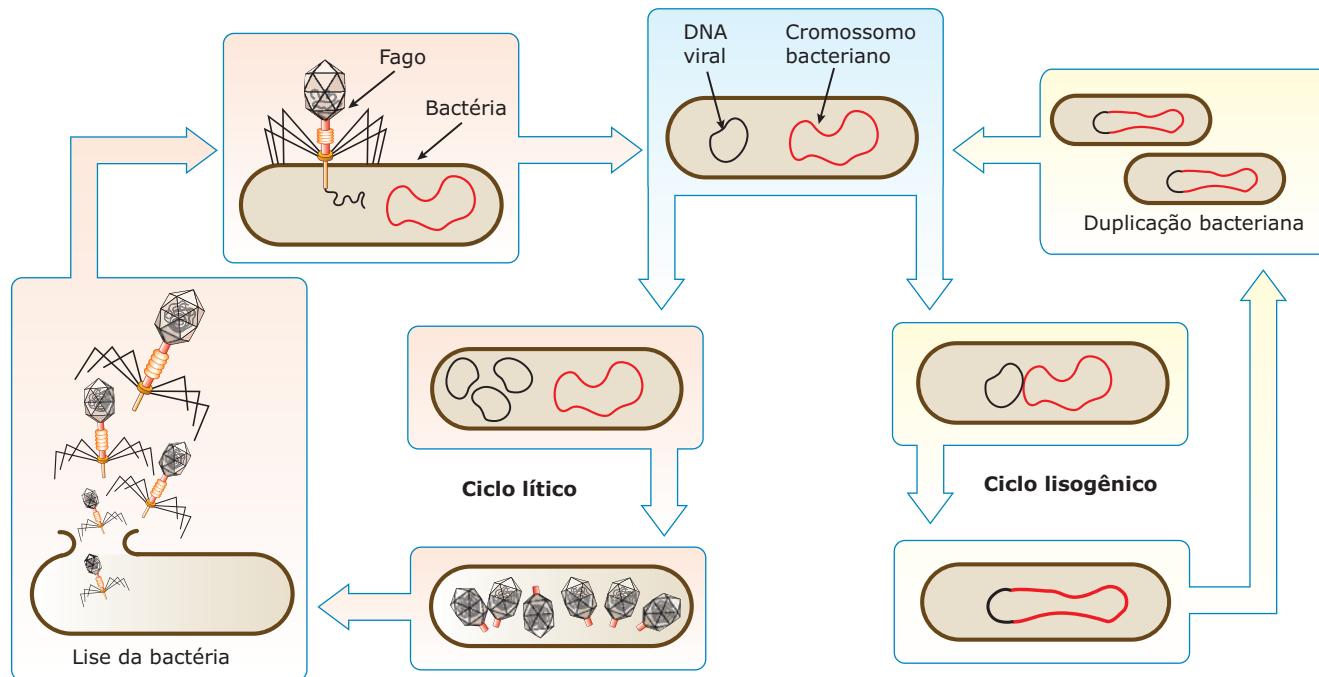
Como exemplo de reprodução de vírus que têm como material genético o DNA, veremos os ciclos reprodutivos dos **bacteriófagos** ou **fagos**.

Bacteriófago *– Os bacteriófagos (fagos) são vírus que parasitam certas espécies de bactérias, como a bactéria intestinal* Escherichia coli*. O estudo da multiplicação dos bacteriófagos abriu caminho para o esclarecimento da multiplicação dos vírus que parasitam animais e vegetais.*

Ao entrar em contato com a bactéria, ocorre a adsorção, isto é, a fixação do fago em determinada região da parede celular bacteriana. Essa fixação só ocorre numa região onde exista afinidade entre as proteínas da cauda do fago e os receptores da parede celular bacteriana.

Após a adsorção, ocorre a penetração, que consiste na ativação de enzimas da cauda do bacteriófago que passam a atuar sobre a parede celular bacteriana, enfraquecendo-a.

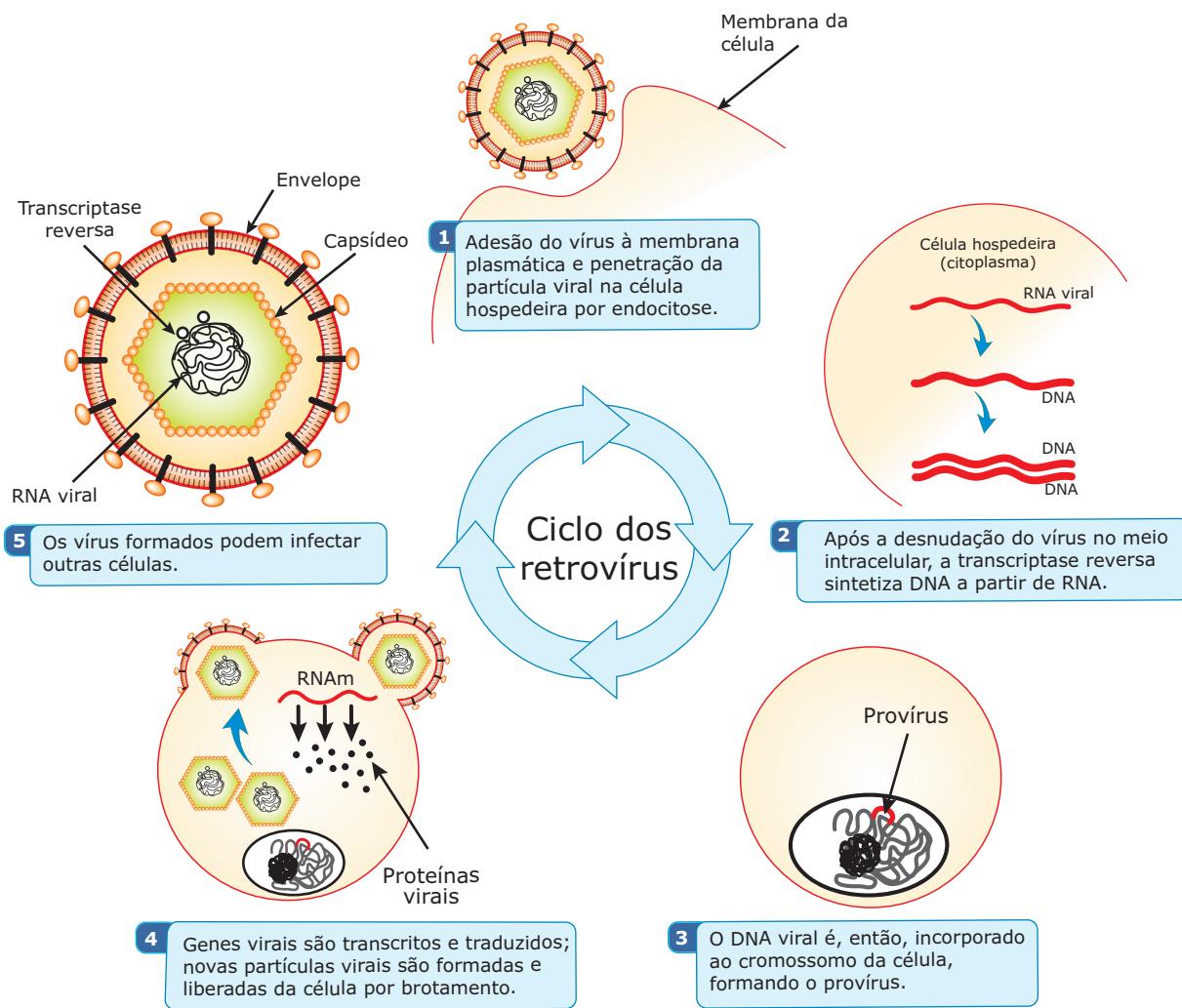
O passo seguinte é a injeção, ou seja, a cauda do bacteriófago, contraindo-se à semelhança de uma microsseringa, permite a introdução do DNA viral na célula bacteriana. No caso dos bacteriófagos, apenas o ácido nucleico viral penetra na célula hospedeira. O seu capsídeo permanece fora, fixado na parede celular. Entretanto, certos vírus que infectam células eucariotas penetram inteiros na célula hospedeira.

Uma vez no interior da célula bacteriana, o DNA do bacteriófago pode seguir dois caminhos distintos: ciclo lítico ou ciclo lisogênico.

A) **Ciclo lítico (multiplicação lítica)** – O DNA viral contém os genes que determinam todas as características do vírus. Uma vez no interior da bactéria, o DNA viral começa a ser transcrito. Os genes virais

são semelhantes aos genes da célula hospedeira, de modo que as enzimas da bactéria, responsáveis pela transcrição do DNA, não os distinguem dos genes bacterianos e passam a transcrevê-los, produzindo moléculas de RNAm virais, que se ligam aos ribossomos bacterianos, ocorrendo, assim, síntese de proteínas virais. Algumas dessas proteínas inibem o cromossomo bacteriano; outras atuam na replicação do DNA do fago, produzindo numerosas outras moléculas de DNA viral; muitas irão formar os capsídeos, existindo também aquelas que atuam como enzimas de empacotamento. Em seguida, ocorre uma montagem, isto é, por ação das enzimas de empacotamento, cada capsídeo envolve uma molécula de DNA viral, formando, assim, uma nova partícula viral. Após 30 ou 40 minutos da infecção inicial, cerca de 200 novos bacteriófagos já estão completamente formados no interior da célula bacteriana. Nesse momento, são produzidas as enzimas que destroem a parede da célula bacteriana, ocorrendo, então, a lise (ruptura) dessa célula e a consequente liberação dos vírions no meio extracelular. Esses vírions poderão infectar outras bactérias e repetir todo o processo.

No ciclo lítico, o material genético invasor, ou seja, o DNA viral, se apossa de todo o sistema celular bacteriano, que passa a funcionar única e exclusivamente na produção de novos vírus.

Nesse ciclo, o vírus é denominado **virulento** ou **lítico,** e a bactéria é chamada de não lisogênica.

B) **Ciclo lisogênico (multiplicação lisogênica)** – Ao penetrar na célula bacteriana, o DNA do fago incorpora-se ao cromossomo bacteriano, passando a se comportar como se fosse parte integrante dele e não interferindo no metabolismo da célula hospedeira. O DNA viral integrado ao cromossomo celular é chamado de provírus ou profago. Nesse caso, a bactéria continua com suas atividades metabólicas normais e, durante sua reprodução, o DNA viral vai sendo duplicado junto com o DNA bacteriano e transmitido às novas bactérias. Assim, o DNA viral vai sendo reproduzido, sem causar a lise das células bacterianas. Por isso, nesse ciclo, o vírus é chamado de **não virulento** ou **temperado**, e a bactéria, de lisogênica. Veja a seguir uma representação esquemática desse ciclo:

O esquema a seguir mostra, de forma mais resumida, os ciclos de reprodução dos bacteriófagos nas células hospedeiras.

A multiplicação dos vírus parasitas de animais que possuem como material genético o DNA segue, no geral, o mesmo padrão da reprodução dos bacteriófagos.

Vírus de RNA

Quando o ácido nucleico do vírus é o RNA, dois processos de reprodução podem ocorrer:

A) Na célula hospedeira, o RNA viral é transcrito em várias moléculas de RNAm, que comandarão a síntese de proteínas. É o que acontece, por exemplo, com o vírus da gripe. Nesse caso, o vírion adere-se a substâncias receptoras presentes na superfície das células hospedeiras, penetrando inteiro. No interior da célula, ocorre a desnudação, ou seja, o

capsídeo é digerido por enzimas celulares existentes nos lisossomos, e, assim, o RNA é liberado no citoplasma. Esse RNA viral é copiado em RNAm viral, à custa de uma enzima, a RNA-polimerase RNA-dependente, que faz parte da partícula viral. Uma vez sintetizado, o RNAm viral liga-se aos ribossomos celulares, ocorrendo, então, a tradução, ou seja, as informações genéticas do RNAm viral serão traduzidas, possibilitando a formação de proteínas virais, que podem ser de dois tipos: proteínas estruturais, que irão formar o capsídeo, e enzimas, que participam especificamente da duplicação do ácido nucleico viral. Em seguida, ocorre a montagem de novas partículas virais, isto é, a reunião de moléculas de RNA viral em capsídeos origina novos vírions, que se libertam das células infectadas.

B) Na célula hospedeira, o RNA viral é utilizado como molde para fabricar DNA, por ação da enzima transcriptase reversa. Esses vírus são chamados de retrovírus. Possuem, associada ao seu RNA, a enzima transcriptase reversa. Ao penetrar numa célula hospedeira, essa enzima catalisa uma reação de transcrição ao contrário, isto é, formação do DNA a partir do RNA viral. O DNA viral, assim formado, é de fita simples. O RNA viral é, então, degradado, e o DNA viral de fita simples sintetiza a sua fita complementar, tornando-se, assim, um DNA viral de fita dupla. Esse DNA viral de fita dupla pode permanecer inativo por tempo indeterminado, incorporado ao material genético da célula, constituindo o provírus, como também, a qualquer momento, pode desencadear a transcrição, formando RNAm viral que se liga aos ribossomos da célula hospedeira, onde será traduzido, formando proteínas virais (proteínas do capsídeo). Essas proteínas virais se juntam às moléculas de RNA viral, formando novas partículas virais no interior da célula. Essas novas partículas virais são liberadas da célula por brotamento e podem infectar outras células. O vírus da Aids é um bom exemplo de retrovírus.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNIRIO-RJ) Todos os vírus

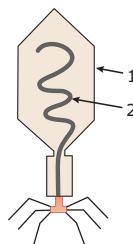
A) só se reproduzem no interior de células vivas.

B) são parasitas de vegetais superiores.

C) são patogênicos para o homem.

D) podem ser observados ao microscópio óptico.

E) são bacteriófagos.

02. (UFBA) A caracterização do vírus como ser vivo está relacionada com a sua capacidade de

A) sobreviver em meios de cultura artificiais mantidos em laboratório.

B) realizar a síntese de proteínas, utilizando seus próprios ribossomos.

C) reproduzir-se e sofrer modificações nas suas características hereditárias.

D) apresentar, simultaneamente, moléculas de DNA e de RNA na sua organização.

E) fabricar seu próprio alimento quando em vida livre, e armazená-lo para uso, quando cristalizado.

03. (FCMMG) Os vírus apresentam material genético representado por ácido nucleico, mas não possuem a maquinaria das organelas celulares.

Tal constatação implica que

A) os antibióticos conhecidos não destroem os vírus.

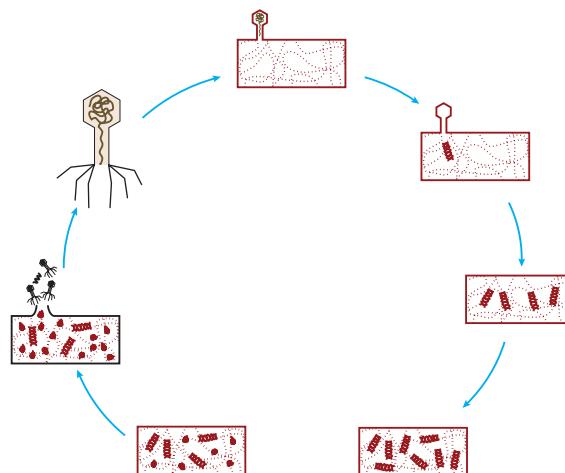
B) os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios.

C) as doenças viróticas são mais difíceis de serem curadas.

D) os vírus podem ser classificados como células incompletas (eucariontes).

E) os invólucros proteicos dos vírus são agregados aos mesmos a partir de outros seres, como bactérias, como se fosse um empréstimo.

04. (PUC-SP) O esquema a seguir representa um bacteriófago:

As estruturas desse vírus, indicadas por 1 e 2, são constituídas quimicamente por

A) aminoácidos.

B) nucleotídeos.

C) polissacarídeos.

D) nucleotídeos e aminoácidos, respectivamente.

E) aminoácidos e nucleotídeos, respectivamente.

05. (UNESP-SP–2009) O dogma central da biologia, segundo o qual o DNA transcreve RNA e este orienta a síntese de proteínas, precisou ser revisto quando se descobriu que alguns tipos de vírus têm RNA por material genético. Nesses organismos, esse RNA orienta a transcrição de DNA, num processo denominado transcrição reversa. A mesma só é possível quando

A) a célula hospedeira do vírus tem, em seu DNA nuclear, genes para a enzima transcriptase reversa.

B) a célula hospedeira do vírus incorpora ao seu DNA o RNA viral, que codifica a proteína transcriptase reversa.

C) a célula hospedeira do vírus apresenta, no interior de seu núcleo, proteínas que promovem a transcrição de RNA para DNA.

D) o vírus de RNA incorpora o material genético de um vírus de DNA, que contém genes para a enzima transcriptase reversa.

E) o vírus apresenta, no interior de sua cápsula, proteínas que promovem na célula hospedeira a transcrição de RNA para DNA.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Observe a figura:

Com relação à figura, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) Ocorre duplicação do DNA viral no interior da célula bacteriana.

B) São produzidas novas células bacterianas a partir do DNA viral.

C) São sintetizadas cápsulas proteicas virais pela célula bacteriana.

D) Trata-se do ciclo de um bacteriófago.

E) Verifica-se lise da célula bacteriana.

02. (UFBA) No mundo dos excessivamente pequenos, encontram-se os vírus, que se caracterizam por serem

A) organismos vivos que se apresentam sob uma mesma forma.

B) agentes infecciosos específicos de células animais.

C) estruturalmente semelhantes às células vegetais.

D) de composição química essencialmente lipoglucídica.

E) de crescimento e multiplicação restritos ao interior das células que parasitam.

03. (UNIMEP-SP) Alguns vírus atacam e destroem bactérias e por isso receberam o nome de bacteriófagos ou simplesmente fagos. Com relação a esses vírus, afirma-se que

A) são constituídos quimicamente de moléculas de hidrocarbonetos.

B) possuem grandes quantidades de mitocôndrias e ergastoplasma, essenciais para que possam reproduzir.

C) são constituídos de uma cápsula proteica e de um miolo de DNA, sendo apenas o DNA injetado na bactéria.

D) são constituídos de nucleoproteínas e penetram inteiros dentro da bactéria, multiplicando-se, então, por cissiparidade.

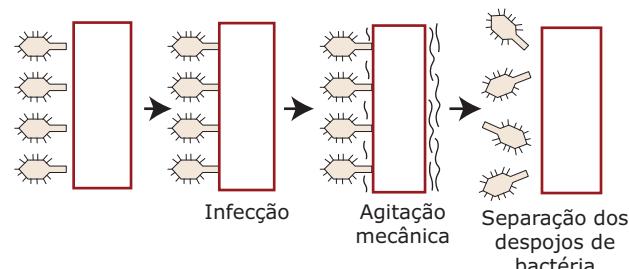
E) são células procarióticas que parasitam bactérias, terminando por destruí-las.

04. (UFPA) Alguém afirmou que os vírus

I. só se reproduzem no interior de células vivas;

II. atacam somente células animais;

III. possuem DNA ou RNA como material genético.

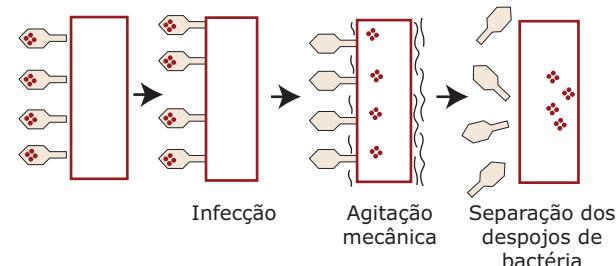
Assinale

A) se somente a frase I estiver correta.

B) se somente a frase II estiver correta.

C) se somente a frase III estiver correta.

D) se as frases I e III estiverem corretas.

E) se as frases II e III estiverem corretas.

05. (FUVEST-SP) Os bacteriófagos são constituídos por uma molécula de DNA envolta em uma cápsula de proteína. Existem diversas espécies que diferem entre si quanto ao DNA e às proteínas constituintes da cápsula. Os cientistas conseguem construir partículas virais ativas com DNA de uma espécie e cápsula de outra. Em um experimento, foi produzido um vírus contendo DNA do bacteriófago T2 e a cápsula do bacteriófago T4. Pode-se prever que a descendência desse vírus terá

A) cápsula de T4 e DNA de T2.

B) cápsula de T2 e DNA de T4.

C) cápsula e DNA, ambos de T2.

D) cápsula e DNA, ambos de T4.

E) mistura de cápsulas e DNA de T2 e T4.

06. (FCMMG)

1. Marcação das proteínas do fago com ^{35}S.

2. Marcação do DNA do fago ^{32}P.

O esquema anterior representa um experimento cujo objetivo é demonstrar que apenas o material genético do vírus bacteriófago (DNA) penetra na bactéria parasitada.

Para se conseguirem os bacteriófagos marcados, o procedimento **CORRETO** é

A) aplicar radiações aos vírus normais que se transformarão em vírus marcados, por meio de processos de mutações.

B) infectar, com vírus normais, bactérias cultivadas em meios de cultura distintos que contenham enxofre e fósforo marcados.

C) cultivar os vírus normais, em meios de culturas estéreis e assimbióticos, com enxofre e fósforo marcados, para que possam assimilar esses elementos.

D) alimentar os vírus com substâncias que contenham enxofre e fósforo marcados, para que essas substâncias sejam incorporadas normalmente pelo metabolismo viral.

07. (UNIRIO-RJ) É característica do ciclo reprodutivo de um bacteriófago a

A) penetração por inteiro na célula hospedeira.
B) injeção do material genético, RNA, no interior da célula hospedeira.
C) injeção do material genético, DNA, no interior da célula hospedeira.
D) reprodução sexuada denominada conjugação.
E) reprodução assexuada denominada divisão binária.

08. (FUVEST-SP) Os vírus

A) possuem genes para os três tipos de RNA (ribossômico, mensageiro e transportador), pois utilizam apenas aminoácidos e energia das células hospedeiras.
B) possuem genes apenas para RNA ribossômico e para RNA mensageiro, pois utilizam RNA transportador da célula hospedeira.
C) possuem genes apenas para RNA mensageiro e para RNA transportador, pois utilizam ribossomos da célula hospedeira.
D) possuem genes apenas para RNA mensageiro, pois utilizam ribossomos e RNA transportador da célula hospedeira.
E) não possuem genes para qualquer um dos três tipos de RNA, pois utilizam toda a maquinaria de síntese de proteínas da célula hospedeira.

09. (UFF-RJ) Relativamente aos vírus, afirma-se, **CORRETAMENTE**, que,

A) no caso dos retrovírus, que causam diversos tipos de infecções, a enzima transcriptase reversa catalisará a transformação do DNA viral em RNA mensageiro.
B) em qualquer infecção viral, o ácido nucleico do vírus tem a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células, o que permite ao vírus reconhecer e atacar o tipo de célula adequado a hospedá-lo.
C) no caso dos vírus que têm como material genético o DNA, este será transcrito em RNA mensageiro que comandará a síntese das proteínas virais.
D) em qualquer infecção viral, é indispensável que o capsídeo permaneça intacto para que o ácido nucleico do vírus seja transcrito.
E) em todos os vírus que têm como material genético o RNA, este será capaz de se duplicar sem a necessidade de se transformar em DNA, originando várias cópias na célula hospedeira.

10. (Fatec-SP) *Os vírus são minúsculos "piratas" biológicos porque invadem as células, saqueiam seus nutrientes e utilizam as reações químicas das mesmas para se reproduzirem. Logo em seguida, os descendentes dos invasores transmitem-se a outras células, provocando danos devastadores. A estes danos, dá-se o nome de viroses, como a raiva, a dengue hemorrágica, o sarampo, a gripe, etc.*

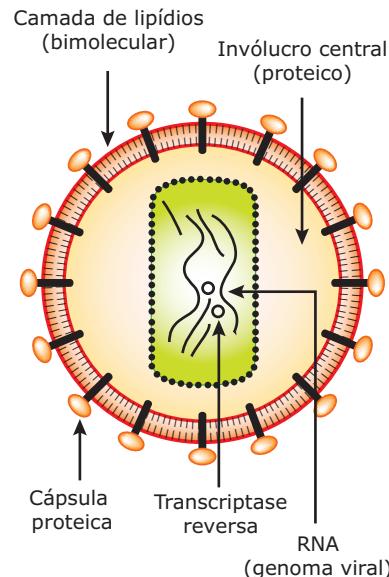
SCOTT, Andrew. *Piratas da célula*. (Adaptação).

De acordo com o texto, é **CORRETO** afirmar que

A) os vírus utilizam o seu próprio metabolismo para destruir células, causando viroses.
B) os vírus utilizam o DNA da célula hospedeira para produzir outros vírus.
C) os vírus não têm metabolismo próprio.
D) as viroses resultam sempre das modificações genéticas da célula hospedeira.
E) as viroses são transcrições genéticas induzidas pelos vírus que degeneram a cromatina na célula hospedeira.

11. (FCMMG)

Quem é o assaltante?

O robô, munido de uma gazua capaz de abrir a porta da fábrica, entra na sala de comando e coloca seu programa em um dos computadores, fazendo a fábrica produzir o que ele quer, juntamente com o que já produzia. Aos poucos, o funcionamento das máquinas é danificado, e a fábrica explode. De que é formada a produção clandestina que se espalha pelo ambiente? Ora, de robôs idênticos ao assaltante, já munidos de gazua, prontos para penetrar em outras fábricas do mesmo tipo e repetir o ciclo. Afinal, o primeiro assaltante também nasceu de uma explosão.

PESSOA, O. F. *Caminhos da vida*: Biologia no Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 2001. p. 343.

Com base no texto, podemos afirmar que **NÃO** representa uma associação equivalente ao descrito:

A) Robô = vírus.
B) Fábrica = célula.
C) Gazua = ribossoma.
D) Programa = ácido nucleico.

12. (UFU-MG) O HIV, responsável pela Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (Aids), é um retrovírus que parasita os linfócitos, células de defesa dos organismos. De acordo com o ciclo biológico do HIV, podemos dizer que

A) o mecanismo de conjugação garante a reprodução sexuada do retrovírus e, assim, a sua variabilidade fenotípica.

B) o DNA do retrovírus é transcrito em moléculas de RNA dupla hélice, que se integram no RNA da célula hospedeira.

C) o RNA do retrovírus é transcrito em moléculas de DNA, que são traduzidas em proteínas responsáveis pela formação de novos capsídeos internos e envelopes proteicos externos.

D) o RNA do retrovírus usa a transcriptase reversa para produzir uma molécula de DNA que se integra no DNA da célula hospedeira.

13. (FUVEST-SP) Com o objetivo de promover a reprodução de certos vírus bacteriófagos, um estudante incubou vírus em meio de cultura esterilizado, que continha todos os nutrientes necessários para o crescimento de bactérias. Ocorrerá reprodução dos vírus? Por quê?

14. (UERJ) Analisando o genoma de alguns vírus formados por fita simples de RNA, encontramos aqueles que são RNA(–), como o do resfriado comum, e os que são RNA(+), como o da poliomielite.

Observe que:

- Nos vírus RNA(–), apenas o RNA complementar a seu genoma é capaz de funcionar como mensageiro na célula infectada.
- Nos vírus RNA(+), o genoma viral funciona diretamente como mensageiro.
- Ambos os vírus necessitam, para sua replicação, da enzima RNA replicase, que sintetiza um RNA complementar a um molde de RNA.
- O gene da enzima RNA replicase está presente no genoma dos dois tipos de vírus, mas a enzima só é encontrada nas partículas virais de RNA(–).

A) **EXPLIQUE** por que é necessário, para sua replicação, que os vírus RNA(–) já contenham a enzima RNA replicase, enquanto os RNA(+) não precisam armazenar essa enzima.

B) **APRESENTE** um argumento contrário à hipótese de que os vírus, devido à simplicidade de sua estrutura, foram precursores das primeiras células.

15. (UFRJ) Observe o vírus da Aids representado a seguir:

"O vírus da Aids é classificado como **retrovírus** e pode ser disseminado no organismo na forma de um **provírus**".

Os dois termos destacados referem-se às características do vírus da Aids. **DESCREVA**, de modo resumido, o significado dessas duas características.

A) Retrovírus

B) Provírus

SEÇÃO ENEM

01. Os vírus (do latim *virus*, veneno) são seres que apresentam características típicas da matéria viva e características típicas da matéria bruta, ou seja, ora têm comportamento de seres vivos, ora comportam-se como seres inertes.

No quadro a seguir, estão relacionadas algumas características dos vírus.

Características dos vírus
(1) Quimicamente, são constituídos por proteínas e ácido nucleico.
(2) São acelulares.
(3) Não possuem metabolismo próprio.
(4) Seu material genético (DNA ou RNA) é capaz de sofrer mutação.
(5) Possuem poder de cristalização, assim como os minerais.
(6) Visualizados apenas em microscopia eletrônica.

As características mencionadas no quadro que identificam os vírus com os seres vivos estão indicadas pelos números

A) 1, 2 e 3.

B) 1, 3 e 4.

C) 1, 4 e 6.

D) 1 e 4, apenas.

E) 4 e 6, apenas.

BIOLOGIA

02. É importante não confundir vírus com viroides. Os viroides são constituídos apenas por uma molécula de ácido nucleico. O primeiro viroide foi descoberto ao se procurar identificar o agente causador de uma doença de batata (doença do tubérculo afilado) o qual se supunha ser um vírus. Observou-se que o agente patógeno da doença é constituído exclusivamente por uma molécula de ácido ribonucleico (RNA). Posteriormente, descobriu-se que outras doenças vegetais também são causadas por viroides. Nos organismos parasitados, os viroides se localizam, de preferência, e talvez exclusivamente, no interior dos núcleos celulares, em intima associação com a cromatina. O mecanismo de multiplicação dos viroides ainda é pouco conhecido.

De acordo com o texto, os viroides

A) possuem organização celular procariota.

B) não possuem capsômeros.

C) são fragmentos de ácidos nucleicos dos vírus.

D) são patógenos que parasitam os vírus.

E) podem realizar ciclo lítico ou ciclo lisogênico.

GABARITO

Fixação

01. A

02. C

03. B

04. E

05. E

Propostos

01. B

02. E

03. C

04. D

05. C

06. B

07. C

08. D

09. C

10. C

11. C

12. D

13. Como no meio de cultura não existem bactérias, apenas nutrientes, a reprodução dos bacteriófagos não acontecerá, já que ela depende de células bacterianas para ocorrer.

14. A) Esses vírus precisam da enzima RNA replicase (ausente nas células infectadas) para fazer a cópia do seu genoma, sintetizando, assim, a fita positiva de RNA (RNA^+) que serve de mensageiro.

B) Pelo fato de serem parasitas intracelulares obrigatórios, é mais provável que os vírus tenham surgido num momento em que as células já existissem.

15. A) Retrovírus: vírus de RNA que realiza a transcrição no sentido inverso, isto é, sintetiza DNA a partir do seu RNA.

B) Provírus: refere-se ao material genético do vírus (DNA viral), incorporado no genoma da célula hospedeira.

Seção Enem

01. D

02. B

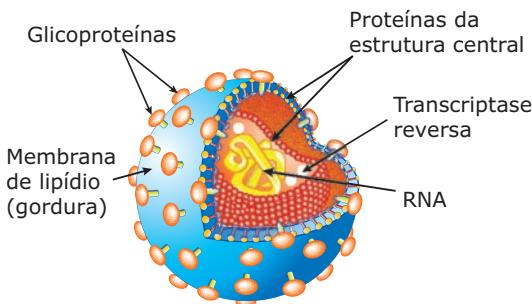
BIOLOGIA

MÓDULO 02 FRENTE C

Viroses

Os vírus são agentes etiológicos (agentes causadores) de diversas doenças, tanto em plantas como em animais.

O quadro a seguir mostra algumas das principais viroses que acometem a espécie humana.

Viroses humanas		
Aids	Gripe	Poliomielite
Catapora (varicela)	Hepatite infecciosa	Rubéola
Caxumba	Herpes simples	Sarampo
Dengue	Hidrofobia ("Raiva")	Varíola
Febre amarela	Hantavirose	Verrugas genitais

O modo de transmissão das viroses humanas é bastante diversificado. Algumas têm um agente vetor, como é o caso da dengue e da febre amarela; outras, como a Aids e o herpes genital, podem ser transmitidas por meio das relações sexuais; em muitas, os vírus penetram em nosso organismo junto com o ar que inspiramos ou pela água e alimentos ingeridos. Transfusões sanguíneas e o contato com sangue de pessoas contaminadas também podem transmitir certas viroses. Existem ainda situações em que ocorre a **transmissão vertical**, em que a partícula viral infecciosa passa ao feto através da placenta.

A seguir, faremos um estudo resumido de algumas viroses. De cada uma delas, é importante você guardar o(s) modo(s) de transmissão e as medidas de prevenção ou profilaxia.

DOENÇAS VIRÓTICAS

- **Aids** – A sigla Aids é formada pelas iniciais da expressão inglesa *Acquired Immune Deficiency Syndrome* (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida). Alguns autores preferem a utilização da sigla Sida, em português.

  A Aids causa a perda da imunidade, responsável pela defesa do organismo contra agentes infecciosos. Assim, o paciente, com o sistema imunológico debilitado, fica exposto às chamadas infecções oportunistas, provocadas por bactérias, fungos, protozoários e outros tipos de vírus.

Esquema do vírus da Aids *– O vírus causador da doença é conhecido pela sigla HIV, iniciais de* Human Immunodeficiency Virus *(Vírus da Imunodeficiência Humana), e pertence ao grupo dos retrovírus. Esse vírus invade e destrói os linfócitos T auxiliadores (também conhecidos por CD4⁺), que são justamente as células que ativam os outros linfócitos que formam o exército de defesa do corpo. Esses linfócitos T atuam como células "auxiliadoras" do sistema imunológico, uma vez que estimulam a produção de anticorpos e também estimulam a fagocitose de corpos estranhos ao organismo. Por isso, a destruição dessas células acarreta a falência do sistema de defesa do organismo.*

É bom lembrar que, além do HIV-1, principal vírus responsável pela Aids, existe uma variedade do vírus, mais rara, o HIV-2.

O período de incubação do vírus no organismo humano é variável, em média de 2 a 3 anos (podendo, entretanto, ser bem mais longo). Durante esse período, a pessoa infectada não apresenta sintomas da doença, mas poderá transmitir o vírus a outras.

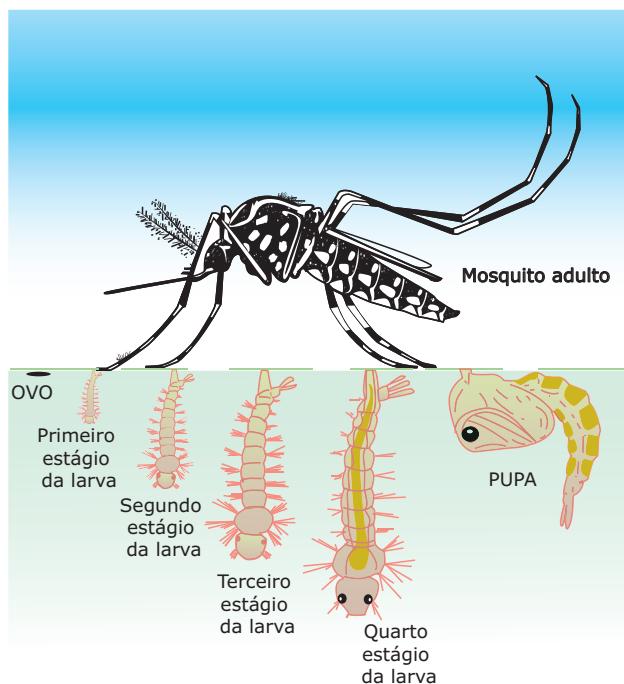
Comprovadamente, transmissão e contaminação se fazem por meio de: transfusões de sangue de pessoas infectadas pelo HIV; uso de instrumentos cirúrgicos ou seringas contaminadas; e relações sexuais, uma vez que o vírus presente no esperma ou em secreções vaginais penetra por microfissuras formadas durante o ato sexual nos tecidos do reto, pênis ou mucosa vaginal. O vírus também pode passar da mãe para o filho durante a vida intrauterina ou por ocasião do parto e também pela amamentação. A transmissão do vírus da mãe para o filho é responsável por cerca de 90% dos casos de Aids em crianças.

Como ainda não existe uma vacina nem a cura definitiva para a doença, o combate à Aids se faz por meio de informação e profilaxia (prevenção).

As principais medidas preventivas são: uso de preservativos (camisinhas); controle de qualidade do sangue usado em transfusões; emprego de seringas e agulhas descartáveis; esterilização de qualquer instrumental cirúrgico médico-odontológico; não utilização comum de instrumentos cortantes, tais como navalhas, giletes, alicate de unha, etc. Estudos realizados em diferentes países mostram que o uso do AZT pela mulher infectada, durante a gestação, além do uso do medicamento pelo recém-nascido e a substituição da amamentação podem reduzir em cerca de 70% a transmissão vertical do HIV. Sem tratamento, a transmissão chega a ocorrer em até 40% dos casos.

- **Catapora (Varicela)** – É uma das doenças contagiosas mais comuns na infância. O vírus causador possui DNA e é transmitido por gotículas de saliva, pelo contato com as lesões da pele do doente ou com roupas e objetos contaminados.

Os vírus provavelmente penetram em nosso organismo pelas mucosas das vias respiratórias. Após um período de incubação de 12 dias, aproximadamente, a doença se manifesta por meio de febre, prostração e dores de cabeça. Dois ou três dias depois, surgem pequenas manchas vermelhas na pele, que se transformam em bolhas que contêm um líquido claro. Essas erupções se espalham pelo corpo (peito, barriga, costas, nádegas, braços, pernas e outras partes). O líquido torna-se amarelo e forma-se uma crosta escura ("casca de ferida") que se desprende sem deixar marcas. Nesse estágio da doença, manifesta-se uma coceira muito incômoda. Não se deve deixar o doente coçar as bolhas, pois isso pode propiciar contaminação bacteriana. Unhas aparadas, banhos e troca de roupas diários também contribuem para evitar essa contaminação. Enquanto houver febre e novas bolhas estiverem aparecendo, o doente deve permanecer em repouso. Em geral, transcorrem duas semanas desde o surgimento dos primeiros sintomas até o desaparecimento da última crosta.

Atualmente, já existe vacina para se prevenir a doença.

- **Caxumba (Parotidite)** – Doença contagiosa e aguda (de curso rápido e intenso) que se torna mais perigosa nos adultos, pelas complicações que pode trazer, do que nas crianças. Acomete mais comumente as crianças na faixa etária de 5 a 15 anos.

O vírus da caxumba possui RNA e é transmitido por gotículas de saliva, secreções nasais e, ainda, por objetos contaminados (copos, garfos, etc.) por uma pessoa doente.

A penetração do vírus em nosso organismo se dá pelas vias respiratórias ou pela boca, de onde os vírus normalmente passam para as glândulas parótidas (maiores glândulas salivares) e causam sua inflamação, vindo daí o nome parotidite. Mais raramente, os vírus, por meio da corrente sanguínea, podem chegar a outros órgãos, como os testículos, os ovários, o pâncreas e mesmo o cérebro.

A imunização preventiva da caxumba se faz com o uso de vacina.

- **Dengue (doença "quebra-ossos")** – Doença infecciosa aguda causada por quatro variedades de vírus que têm RNA como material genético. No Brasil, esses vírus são transmitidos ao homem pela picada dos mosquitos fêmeas *Aedes aegypti*.

Aedes aegypti – *É um mosquito muito pequeno (menor que um pernilongo comum), de corpo escuro rajado de branco, que pica durante o dia e se desenvolve em água parada e limpa.*

Os diferentes tipos de vírus da dengue podem causar duas formas distintas da doença: **dengue clássica** e **dengue hemorrágica**. A dengue clássica manifesta-se pelo início súbito de febre, com duração de 4 a 5 dias, acompanhada de prostração, cefaleia (dor de cabeça), aumento dos gânglios linfáticos, dores musculares (especialmente nas costas) e dores nas articulações ósseas (daí o nome de doença "quebra-ossos"). Depois de mais ou menos uma semana, essas manifestações desaparecem gradualmente. Na forma mais grave da doença, isto é, na dengue hemorrágica, além dos sintomas da dengue clássica, também ocorrem hemorragias intestinais, vômitos e inflamação do fígado.

A dengue clássica e a dengue hemorrágica podem ser diagnosticadas por meio de exame de sangue.

Não existe um medicamento específico para a doença. A dengue clássica é tratada com repouso, ingestão de líquidos e uso moderado de antitérmicos à base de paracetamol. Não devem ser usados medicamentos compostos por ácido acetilsalicílico, cuja ação anticoagulante pode ocasionar sangramentos. O importante é procurar o serviço de saúde logo no início dos sintomas e evitar a automedicação.

Na dengue hemorrágica, o tratamento pode exigir a aplicação de soro, plasma e até transfusões de sangue nas manifestações mais graves, em que os pacientes devem ser internados para um melhor acompanhamento médico.

Todos os tipos de dengue podem produzir formas assintomáticas, brandas, graves e fatais. Todos os tipos podem levar à dengue grave na primeira infecção, porém isso ocorre com maior frequência após a segunda e a terceira infecção por sorotipo diferente. É possível que uma pessoa contraia dengue hemorrágica no primeiro contágio, mas é fato conhecido que a repetição das epidemias, com a circulação sucessiva dos vários tipos de vírus, aumenta consideravelmente a probabilidade de ocorrência da dengue hemorrágica.

Não existe, ainda, vacina contra a dengue. Dessa maneira, a profilaxia (prevenção) da doença reside no combate aos vetores, isto é, aos mosquitos transmissores. Para tanto, devem ser tomadas as seguintes medidas: exterminar os locais utilizados pelo mosquito para sua reprodução e postura dos ovos, não deixando água no interior de garrafas, latas vazias, pneus velhos, etc.; tampar caixas-d'água, tanques, filtros e quaisquer reservatórios de água dentro ou fora de casa; evitar a manutenção de água nos pratos dos vasos de plantas; utilizar inseticidas e desinfetantes domésticos e usar telas protetoras em portas e janelas para impedir o acesso dos mosquitos ao interior das casas.

Existe a possibilidade de as fêmeas do *A. aegypti* grávidas, infectadas com o vírus da dengue, contaminarem os seus ovos (transmissão transovariana ou transmissão vertical). Tal fato já foi evidenciado, por exemplo, em Belo Horizonte. Os ovos de *A. aegypti* são colocados em grupos (10-30 ovos / criadouro), facilitando, assim, sua sobrevivência e dispersão. Os ovos são muito resistentes à dessecação, podendo permanecer por mais de um ano no meio ambiente. Após o contato com a água (ex.: chuva), as larvas podem eclodir nos primeiros 15 minutos. A resistência à dessecação dos ovos é considerada um dos principais obstáculos para o controle da doença, pois essa condição permite que o ovo seja transportado a grandes distâncias em ambiente seco. Daí o motivo da alta população de *Aedes aegypti* durante o período de chuvas.

- **Febre amarela** – Doença infecciosa aguda, que pode ser extremamente grave e fatal, típica de regiões tropicais e subtropicais (África, América Central e América do Sul). Os vírus causadores possuem RNA e são transmitidos ao homem por mosquitos fêmeas dos gêneros *Aedes* e *Haemagogus*.

  Nas cidades, os vírus são transmitidos por mosquitos do gênero *Aedes*, sendo o *Aedes aegypti* a principal espécie transmissora da **febre amarela urbana**. No campo, a febre amarela tem forma endêmica em muitas regiões e é transmitida por mosquitos do gênero *Haemagogus*, que adquirem os vírus dos macacos e podem passá-los ao homem quando este entra em contato com a mata. Nesse caso, fala-se em **febre amarela silvestre**.

  A doença compromete vários órgãos: fígado, baço, rins, medula óssea e gânglios linfáticos. Logo após um período de incubação de 4 a 5 dias, a pessoa apresenta febre alta, calafrios, dor de cabeça e prostração; seguem-se vômitos, dores musculares e bradicardia (diminuição da frequência cardíaca). Com a evolução do processo infeccioso, surgem novas manifestações ainda mais graves, como hemorragias e comprometimento renal e hepático. São as lesões hepáticas que dão ao doente o aspecto amarelado que caracteriza a doença.

  A profilaxia da doença consiste no combate aos mosquitos transmissores da febre amarela urbana, sobretudo em sua forma larvária (no caso da febre amarela silvestre, o combate aos mosquitos é praticamente impossível, uma vez que eles estão espalhados por toda a mata); vacinação de todas as pessoas que trabalham ou residem em regiões onde a doença se manifesta de forma endêmica; vacinação das pessoas que pretendem viajar para regiões onde existe a doença; e controle de navios e aviões que saem ou chegam das regiões endêmicas.

- **Gripe (Influenza)** – Existem diferentes tipos de vírus de gripe. Todos têm como material genético o RNA, que, em muitos deles, sofre contínuas modificações (mutações). As alterações ocorridas no ácido nucleico do vírus determinam modificações no envoltório proteico. Assim, os anticorpos elaborados contra um tipo de vírus gripal tornam-se inócuos no combate a outra forma mutante. Essa é uma das causas que dificultam a obtenção de uma vacina mais eficiente no combate às gripes.

  A transmissão se faz por meio de gotículas de saliva e secreções nasais. Os vírus penetram em nosso organismo pela boca ou pelas cavidades nasais, instalando-se em nossas vias respiratórias.

  Os sintomas da gripe aparecem, subitamente, de 1 a 3 dias após o contágio, e os mais frequentes são: febre, prostração, dor de cabeça, dores musculares, tosse, espirros e obstrução nasal. Embora se faça certa confusão entre gripe e resfriado comum, essas doenças são causadas por tipos diferentes de vírus. O resfriado é uma doença mais branda, que compromete apenas as partes altas do aparelho respiratório (nariz e faringe), com consequente coriza (eliminação de um líquido claro e aquoso), espirros e febre moderada ou ausente.

  Ainda não existe tratamento específico contra a gripe. O recomendado é o repouso e uma dieta rica em líquidos. Analgésicos e antitérmicos podem ser utilizados para diminuir o mal-estar geral e a febre, enquanto descongestionantes melhoram a obstrução nasal.

O combate aos vírus causadores da gripe é feito pelas nossas defesas naturais, em especial pelos anticorpos. Entretanto, a imunidade não é duradoura ou definitiva, pois novas formas de vírus mutantes, contra as quais o nosso organismo ainda não produziu anticorpos, aparecem rapidamente.

Durante os surtos epidêmicos de uma gripe, deve-se evitar aglomerações humanas, especialmente em ambientes fechados, pois isso muito contribui para a disseminação dos vírus.

Existem vacinas antigripais que conferem uma certa proteção apenas contra alguns tipos de vírus. Tais vacinas são recomendadas principalmente para pessoas que têm o sistema imunológico mais debilitado, como os idosos.

- **Hepatites virais** – Hepatite é uma inflamação do fígado que pode ter várias causas, como ingestão excessiva de bebidas alcoólicas ou ação de parasitas e de substâncias químicas. Quando causada por vírus, a hepatite é dita viral. Sua extensão e gravidade são variáveis, podendo apresentar-se mais branda (sob forma "benigna") e, em certos casos, ter evolução grave e até fatal. A hepatite virótica é causada por diferentes tipos de vírus. Entre eles, destacam-se o **HAV** (**vírus da hepatite A**), **HBV** (**vírus da hepatite B**) e o **HCV** (**vírus da hepatite C**).

A) **Hepatite A** – Causada pelo HAV, sua transmissão se faz pela via digestiva, por meio da ingestão de água e alimentos contaminados por fezes de indivíduos doentes. Insetos, como as moscas, facilitam a transmissão, pousando alternadamente nos detritos e nos alimentos, transportando, assim, os vírus das fezes contaminadas para alimentos, água e objetos. Torna-se evidente, portanto, que a falta de instalações sanitárias adequadas facilita a propagação da doença e a ocorrência de surtos epidêmicos.

A hepatite A se caracteriza por um período de incubação de 20 a 40 dias, após o qual surgem os sintomas da doença: febre, mal-estar, perda de apetite (anorexia), náuseas, vômitos, dor de cabeça, dores abdominais, hepatomegalia (fígado inchado e dolorido quando apalpado) e icterícia (pele e olhos amarelados).

A profilaxia depende de medidas gerais de saneamento e cuidados pessoais com a higiene. A prevenção da doença obedece aos mesmos princípios de prevenção de todas as doenças cujos agentes etiológicos (causadores) penetram por via digestiva.

A hepatite A pode ser prevenida por meio da vacinação feita a partir dos 12 meses de vida.

B) **Hepatite B** – Causada pelo HBV, sua transmissão se faz pela via parenteral (inoculação subcutânea, intramuscular, endovenosa e outras de produtos contendo sangue humano ou derivados contaminados). A transmissão também pode ser feita por meio de seringas, agulhas e material cirúrgico contaminados e pelo contato com sangue e secreções do corpo, como sêmen e secreções vaginais (nas relações sexuais), além de leite materno, lágrima e saliva.

A hepatite B geralmente tem um período de incubação mais longo (60 a 180 dias), e os seus sintomas são semelhantes aos da hepatite A.

O tratamento da hepatite consiste, fundamentalmente, em repouso e dieta adequada (com pouca gordura para não sobrecarregar o fígado).

Na prevenção da hepatite B, torna-se necessária a esterilização cuidadosa dos instrumentos cirúrgicos, seringas, agulhas, etc., como também o controle de qualidade do sangue dos doadores. Já existe uma vacina contra a hepatite B, que deve ser aplicada sobretudo nos indivíduos que exercem atividades médico-sanitárias, pois lidam com doentes e com material que pode estar contaminado.

C) **Hepatite C** – Causada pelo HCV, sua transmissão, à semelhança da hepatite B, é feita através do sangue e relação sexual. A forma crônica pode evoluir para cirrose hepática e também predispõe ao câncer de fígado (câncer hepático). Ainda não há vacina.

- **Herpes simples** – É uma doença que se caracteriza por formações de pequenas vesículas nas mucosas ou na pele. Essas vesículas, que surgem sobre pequenas inflamações dolorosas, aparecem principalmente nos lábios ("herpes oral") e nos órgãos genitais ("herpes genital"). A doença, entretanto, pode manifestar-se em qualquer região do corpo.

O vírus do herpes simples possui DNA e transmite-se de pessoa a pessoa por contato direto. O **herpes-vírus tipo 1**, responsável pelo **herpes oral** ou labial, é encontrado, por exemplo, na saliva de muitas pessoas que nunca tiveram manifestação da doença. Pode-se, portanto, falar em indivíduos portadores, isto é, indivíduos que possuem e transmitem o vírus sem manifestação da doença. O **herpes-vírus tipo 2**, responsável pelo **herpes genital**, é transmitido essencialmente pelo contato sexual, sendo, portanto, uma doença do grupo das DST (Doenças Sexualmente Transmissíveis).

As lesões (vesículas) cicatrizam em poucos dias e, normalmente, não deixam sinal de sua aparição; os tecidos afetados refazem-se plenamente. Os vírus, porém, podem permanecer latentes, voltando periodicamente à atividade. Essas crises de recidivas estão associadas a diversos estímulos, tais como exposição excessiva aos raios solares, febres produzidas por outras infecções, perturbações digestivas, alterações psíquicas ou distúrbios emocionais, reações alérgicas e, em algumas mulheres, irregularidades menstruais.

As medidas profiláticas específicas são praticamente inexistentes, pois os vírus do herpes encontram-se latentes nos tecidos, sendo encontrados em porcentagens muito altas na espécie humana. Uma medida geral é evitar o contato direto com o herpético em fase de manifestação da doença.

- **Hidrofobia (raiva)** – Doença grave, quase sempre fatal, que acomete praticamente todos os mamíferos.

  O vírus da raiva tem RNA e é transmitido ao homem pela saliva de diversos animais contaminados (raposa, lobo, gambá, rato, morcego, cão, gato e outros). O cão e o gato são os principais transmissores da raiva ao homem, sendo que o cão responde por, aproximadamente, 87% dos casos que acometem o homem. Essa transmissão se dá por meio de lambidas em regiões do nosso corpo com ferimentos e, principalmente, por meio da mordida, que provoca na pele ferimentos por onde penetram os vírus presentes na saliva do animal contaminado. Os vírus atingem o sistema nervoso central, onde se multiplicam, causando danos irreparáveis.

  A raiva humana se manifesta após um período de incubação usualmente compreendido entre 20 e 60 dias. A duração do período de incubação parece depender da quantidade de vírus inoculada (mordedura direta sobre a pele ou através da roupa), bem como do local da mordedura, ou seja, da distância da zona de inoculação até o sistema nervoso central. Webster considera os seguintes períodos médios de incubação conforme o local da mordedura: cabeça (± 30 dias); membros superiores (± 40 dias); membros inferiores (± 60 dias).

  Os sintomas da doença podem, então, demorar de alguns dias a alguns meses para se manifestarem num indivíduo contaminado. As manifestações iniciais não são muito específicas: febre moderada, cefaleia (dor de cabeça), insônia, ansiedade e sensação de dor e formigamento na região da mordida. Posteriormente, aparecem os sintomas típicos da raiva: excitação cerebral com crises de delírio e de agressividade, espasmos musculares dolorosos, convulsões, paralisias, elevação da temperatura (41-42 ºC) e asfixia terminal. O doente geralmente morre por paralisia dos músculos respiratórios. O termo hidrofobia (do grego *hydros*, água, e *phobos*, medo) se deve ao fato de que, em consequência dos espasmos dolorosos dos músculos da faringe, o doente evita a deglutição até da saliva.

  Em vista da gravidade da doença, são necessárias medidas severas para evitá-la, tornando obrigatória a vacinação de cães e gatos e o recolhimento dos animais soltos nas ruas. Se uma pessoa for mordida por um desses animais, deve tomar os seguintes cuidados: com água e sabão, lavar várias vezes o local da ferida, mantendo-o em água corrente durante algum tempo e aplicando depois um desinfetante; mesmo que o animal não mostre sinais de raiva, exigir do seu proprietário o atestado de vacinação antirrábica; o animal deve ser mantido sob observação durante pelo menos dez dias. Se, ao final desse período, o animal não manifestar sinais da doença, o tratamento é dispensável, mas, se o cão adoecer, morrer, fugir ou se a observação do animal não for possível, a pessoa deverá procurar imediatamente assistência médica especializada. Provavelmente, o médico iniciará uma série de vacinas, que são eficientes desde que aplicadas antes de a pessoa ficar doente.

  A prevenção da raiva urbana consiste fundamentalmente na vacinação dos cães e gatos e na captura e no controle dos animais vadios.

  OBSERVAÇÃO

  A raiva bovina, que acarreta grandes prejuízos à pecuária, tem como profilaxia a vacinação em massa do gado, especialmente em áreas onde existem morcegos hematófagos.

- **Poliomielite (paralisia infantil)** – Poliomielite (do grego *polios*, cinzento; *myel*, medula e *itis*, inflamação) significa "inflamação da substância cinzenta da medula nervosa". É um termo introduzido quando ainda se pensava que a doença atingisse somente a medula nervosa. Posteriormente, descobriu-se que os vírus dessa doença atacam não apenas a medula nervosa, mas também outras regiões do SNC (Sistema Nervoso Central). O termo "paralisia infantil", muito usado popularmente para se referir à doença, é também impróprio, já que apenas 1% dos casos assume forma paralítica e a doença pode manifestar-se também em adultos.

  O vírus da poliomielite tem como material genético o RNA e normalmente penetra em nosso organismo pela via digestiva, junto com água e com alimentos contaminados. Nas regiões onde são precárias as condições de saneamento, a água é um importante veículo de transmissão desses vírus. Admite-se que a transmissão também possa ocorrer de pessoa a pessoa por meio de gotículas de saliva ou secreções nasais.

  Após a penetração, os vírus multiplicam-se no intestino e depois invadem a corrente sanguínea, disseminando-se por todo o corpo, podendo, assim, atingir os órgãos do sistema nervoso central.

  A profilaxia e o controle da poliomielite se fazem submetendo a população a um programa adequado de vacinação. As vacinas universalmente conhecidas são a Salk e a Sabin. A mais utilizada é a vacina Sabin, que é aplicada por via oral, sob a forma de gota.

  No Brasil, a adoção, a partir de 1980, dos "Dias Nacionais de Vacinação" muito tem contribuído para a erradicação da doença.

- **Rubéola** – O vírus da rubéola possui RNA, e sua transmissão é feita por gotículas de saliva e secreções nasais e também pelo contato direto com o doente.

  A penetração do vírus se faz através das mucosas das vias respiratórias e sua disseminação, por meio da corrente sanguínea.

Após um período de incubação que dura em média de duas a três semanas, surgem os sintomas iniciais: mal-estar, febre baixa, aumento dos gânglios linfáticos cervicais (região do pescoço) e surgimento de um exantema (erupção cutânea) constituído por manchas rosadas na pele.

A rubéola é uma doença "benigna". No entanto, quando contraída por mulheres grávidas, torna-se uma doença bastante perigosa, já que o vírus pode infectar a placenta e daí passar para o feto, provocando anomalias, como surdez, microcefalia e defeitos cardíacos. O perigo se torna ainda maior se a mulher adquire a doença nos primeiros meses de gestação, época em que os órgãos do embrião estão em processo de formação. Quanto mais no início da gravidez ocorre a infecção, maior a chance de nascimento de criança afetada por anomalias graves.

A rubéola não tem um tratamento específico, cabendo às nossas defesas naturais o combate aos vírus causadores da doença. Sua profilaxia é feita com o uso de vacina.

- **Sarampo** – Doença aguda, altamente contagiosa, comum em todo o mundo, que acomete, sobretudo, crianças até 10 anos de idade, especialmente as menores de 5 anos.

  O vírus possui RNA, e sua transmissão se faz por meio de secreções dos olhos, nariz e garganta (secreções nasofaríngeas) e gotículas de saliva que, pela fala, tosse e espirros, propagam-se pelo ar.

  Os vírus penetram pelas mucosas das vias respiratórias, caem na corrente sanguínea e se disseminam pelo corpo.

  Após um período de incubação de, aproximadamente, 10 dias, surgem os primeiros sintomas: febre, corrimento nasal, tosse, olhos vermelhos e lacrimejantes. Um ou dois dias depois, aparecem pequenos pontos brancos (manchas de Koplik) na mucosa bucal e, em seguida, surge um exantema constituído por manchas vermelhas que normalmente aparecem primeiro atrás das orelhas e na face e, posteriormente, alastram-se por todo o corpo.

  O sarampo sem complicações não é uma doença grave, mas, como muitas outras viroses, reduz a resistência do organismo, tornando-o mais suscetível a contrair infecções secundárias, como otite (inflamação do ouvido médio), pneumonia, encefalites e outras, que necessitam de pronto atendimento médico. Essas complicações são mais frequentes em crianças desnutridas e debilitadas.

  A profilaxia do sarampo é feita com o uso de vacina.

- **Verrugas (papilomas) genitais** – Têm como causadores vírus conhecidos por **HPV** (Papilomavírus Humano). Já foram catalogados mais de 150 subtipos de HPV no mundo. Alguns desencadeiam infecções menos agressivas, enquanto outros, mais agressivos, podem desencadear processos neoplásicos cancerígenos. Um estudo epidemiológico realizado pelo Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, em São Paulo, revelou que o HPV é responsável por 96,5% dos casos de **câncer de colo de útero**. O HPV também pode desencadear tumores malignos em outros locais, como vagina, vulva, reto e ânus. Nos homens, pode desencadear câncer no pênis e no ânus.

  A transmissão do HPV se faz quase exclusivamente por contato sexual. Tumores no colo do útero certamente advêm do sexo em sua forma mais convencional – a penetração pela vagina. Os de ânus relacionam-se à prática de sexo anal. E, mais recentemente, detectaram-se lesões de esôfago por HPV, talvez provocadas pela prática de sexo oral. Embora seja extremamente raro, alguns autores admitem ser possível contrair o vírus em piscinas, banheiros públicos e por meio do uso compartilhado de sabonetes, roupas íntimas ou toalhas de banho. São transmissões possíveis, porém muito pouco prováveis. E há, finalmente, um percentual baixo de crianças infectadas na hora do parto.

  Como o modo de transmissão do HPV se faz praticamente apenas por meio da relação sexual, quanto mais cedo for o início da vida sexual, maior será a probalidade de se entrar em contato com esses vírus. Sexo sem proteção (sem o uso de preservativos) e a troca frequente de parceiros aumentam a probabilidade de contágio.

  Em 70% dos casos, o HPV desaparece naturalmente. Em muitos casos, o vírus permanece latente ou evidencia-se por meio de sintomas facilmente tratáveis. Assim, não é toda contaminação por HPV que irá desencadear processos cancerígenos. Isso irá depender do subtipo de HPV presente no organismo.

  Há várias formas de detectar a presença do HPV, desde exames mais simples, como o de Papanicolau, até exames que utilizam técnicas mais avançadas que identificam o DNA do vírus, permitindo classificá-lo com maior precisão. Caso o HPV seja detectado precocemente, as chances de cura são de 100%. Dependendo do grau de risco da lesão, o tratamento

pode exigir intervenção cirúrgica (cauterização das lesões), administração de drogas antivirais ou simplesmente uma rotina de controle. Nos casos mais graves, em que os tumores já estejam presentes, com alto teor maligno, os pacientes são submetidos a sessões de quimioterapia e radioterapia.

Além das viroses mencionadas, muitas outras existem. Cerca de 60% das doenças infecciosas no mundo têm como agentes etiológicos os vírus. Algumas estão no grupo das chamadas "**doenças emergentes**", isto é, doenças cuja existência anterior era desconhecida no planeta ou, pelo menos, na região em que apareceram. Entre as viroses que fazem parte desse grupo de doenças emergentes, há, por exemplo, a Aids, que infecta milhões de pessoas em todo o mundo, as hantaviroses, a febre hemorrágica africana (causada pelo vírus Ebola) e a Sars.

- **Hantaviroses** – São enfermidades agudas que podem apresentar-se sob as formas de febre hemorrágica com síndrome renal (HFRS) e de síndrome pulmonar por hantavírus (HPS), sendo a segunda a única forma encontrada nas Américas. Os hantavírus têm como reservatórios os roedores, especialmente os silvestres. No roedor, a infecção pelo vírus aparentemente não é letal e pode levá-lo ao estado de reservatório por toda a vida. A infecção humana ocorre mais frequentemente pela inalação de aerossóis formados a partir de secreções e excreções de roedores infectados. Outras formas de transmissão para a espécie humana já foram descritas, como ingestão de água e alimentos contaminados, transmissão percutânea, por meio de escoriações na pele, mordeduras de roedor e contato do vírus com mucosas, como a conjuntival.

  A síndrome pulmonar por hantavírus causa febre, dores musculares (mialgias), dor abdominal, vômitos, cefaleia, taquipneia, taquicardia, hipertensão, edema pulmonar e insuficiência respiratória aguda. Trata-se de uma doença com alta taxa de letalidade.

  As medidas de profilaxia e controle das hantaviroses devem ser baseadas em manejo ambiental, por meio, principalmente, de práticas de higiene e medidas corretivas no meio ambiente, como saneamento e melhoria das condições de vida e moradia, tornando as habitações e os campos de trabalhos impróprios à instalação e proliferação de roedores.

- **Febre hemorrágica pelo vírus Ebola** – O vírus Ebola foi isolado pela primeira vez em 1976, a partir de casos humanos de uma epidemia de febre hemorrágica que ocorreu em vilas do noroeste do Zaire, próximo ao rio Ebola. Ele é responsável por um quadro de febre hemorrágica extremamente letal, pois o vírus apresenta tropismo pelas células hepáticas e do sistema reticuloendotelial. O início da doença é súbito, com febre, calafrios, dor de cabeça, anorexia, náusea, dor abdominal, dor de garganta e prostração profunda. Em alguns casos, entre o quinto e o sétimo dia da doença, aparece exantema de tronco, anunciando manifestações hemorrágicas: conjuntivite hemorrágica, úlceras sangrentas em lábios e boca, sangramento gengival, hematêmese (hemorragia proveniente do estômago) e melena (eliminação de fezes escuras contendo sangue). Nas epidemias ocorridas, os casos com forma hemorrágica evoluíram rapidamente para a morte.

  As principais formas de transmissão são seringas e agulhas infectadas que são reutilizadas, transmissão de pessoa a pessoa por meio de contato íntimo com os doentes graves e contato sexual. Contato com indivíduos infectados, mas que apresentam pouco ou nenhum sintoma, isto é, que não apresentam formas hemorrágicas, parece não resultar em transmissão.

  Ainda não existem vacinas para o Ebola. Assim, sua profilaxia baseia-se em medidas de vigilância sanitária e isolamento dos doentes. Medidas rigorosas devem ser adotadas em portos e em aeroportos que recebem meios de transportes oriundos de regiões ou países que estiverem sofrendo epidemias ou surtos de Ebola. As pessoas doentes devem ser isoladas por meio de um método chamado "barreira técnica", que inclui as seguintes medidas: médicos e enfermeiros vestem paramentos, máscaras, luvas e proteção especial quando cuidam dos pacientes; as visitas aos pacientes são restritas; materiais descartáveis são removidos do quarto e queimados depois do uso; todo material reutilizável é esterilizado antes da reutilização; e toda a área deve ser limpa com uma solução desinfetante.

- **Sars** (Síndrome respiratória aguda grave) ou **pneumonia asiática** – Doença de etiologia virótica, causada por vírus do grupo dos coronavirus, transmitida de pessoa a pessoa ou por contato muito próximo, uma vez que o agente etiológico se espalha no ar, por gotículas expelidas pela tosse das pessoas contaminadas. No surto de Sars ocorrido em 2003

na China, em Cingapura, no Vietnã e no Canadá, muitas das vítimas foram justamente profissionais de saúde que atenderam casos iniciais de pessoas infectadas. Há suspeita que possa também ser passada por objetos infectados (objetos usados pelos pacientes). É uma doença de evolução rápida. Os primeiros sintomas surgem entre três e dez dias após a infecção: febre acima de 38 °C, tosse seca, fadiga, dificuldades respiratórias e até insuficiência respiratória. Sua taxa de mortalidade, comparada com outras pneumonias, é alta (3% a 4% dos doentes). O diagnóstico é feito a partir de amostras de sangue e / ou secreções da garganta dos doentes. Durante o tratamento, o doente deve ser mantido em isolamento, receber medicamentos para aliviar os sintomas e medicamentos antivirais. A melhor maneira de se previnir é evitar viagens para áreas onde estejam ocorrendo casos da doença, evitando, assim, o contato próximo com pessoas doentes ou portadoras do agente causador. Nos terminais de viagens (portos, aeroportos), os passageiros devem ser orientados a procurar auxílio médico caso se enquadrem nas situações de risco (presença de um ou mais sintomas e proveniência de um dos países com caso de transmissão no período de dez dias anterior aos desembarques).

LEITURA COMPLEMENTAR

Defesas do organismo contra os vírus

A natureza proteica dos vírus, agindo como antígeno, estimula o organismo parasitado a produzir **anticorpos específicos** e os **interferons**.

A) **Anticorpos** – São proteínas de defesa, também conhecidas por imunoglobulinas, produzidas pelos plasmócitos contra um antígeno (proteína estranha) que penetra no organismo.

Os anticorpos são específicos, isto é, determinado anticorpo somente age contra aquele antígeno que induziu sua formação. É algo parecido com o modelo "chave-fechadura" das enzimas. A molécula de anticorpo se liga quimicamente ao antígeno (reação "antígeno-anticorpo"), neutralizando, assim, seu efeito. Muitas vezes, o anticorpo age ligando-se à parede celular do micro-organismo e permitindo que ele seja fagocitado mais facilmente pelos macrófagos e leucócitos.

B) **Interferons** – Observou-se, há algum tempo, que a pessoa que adquire uma virose dificilmente contrai outra virose ao mesmo tempo. Esse fato despertou a curiosidade de alguns pesquisadores, que, estudando o problema, descobriram que, em muitas infecções ocasionadas por vírus, as células infectadas liberam os interferons em quantidades mínimas (cerca de 10^{-12} g para cada milhão de células infectadas). No homem, existem três tipos de interferons: o interferon α, produzido pelos leucócitos; o interferon β, produzido por fibroblastos; e o interferon γ ou imunointerferon, produzido por linfócitos.

Os interferons são glicoproteínas relativamente pequenas capazes de proteger células semelhantes contra a ação de outros vírus agressores. Funcionam como uma espécie de **mensageiro intercelular**, isto é, atravessam a membrana da célula infectada (onde foram produzidos) e "avisam" determinadas células que ainda não foram agredidas da infecção. Nas células que ainda não foram infectadas, o interferon estimula a produção de uma outra proteína, a **proteína inibidora da tradução** ou **TIP** (*translational inhibitory protein*). O TIP liga-se aos ribossomos da célula e os altera, de modo que o RNAm dos vírus não é traduzido, sem, contudo, comprometer a tradução do RNAm da célula. Isso permite que a célula continue funcionando normalmente, mas impede a síntese de proteínas virais em seu interior. Sem a produção das proteínas virais, novas partículas de vírus não são formadas dentro da célula. O interferon, portanto, age impedindo a multiplicação dos vírus no interior das células.

A produção de interferon, estimulada por um vírus, inibe a multiplicação de uma grande variedade de outros vírus. Assim, o **interferon não tem especificidade**, isto é, exerce sua ação inibidora contra diversos vírus.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Todas as alternativas apresentam precauções que devem ser tomadas para diminuir a incidência da dengue, **EXCETO**

A) Esvaziar as garrafas que não estão em uso e guardá-las de cabeça para baixo.

B) Evitar a manutenção de água nos pratos de vasos de plantas.

C) Fazer furos nos recipientes a serem descartados para escoamento da água da chuva.

D) Lavar com água filtrada e ferver os alimentos antes de ingeri-los.

E) Trocar, semanalmente, a água dos bebedouros de animais, lavando-os com uma escova.

02. (FCMMG) O governo brasileiro não tem medido esforços no sentido de tentar erradicar no país a poliomielite, através de campanhas de vacinação. Cientificamente, o processo consiste numa operação que se traduz por

A) introdução de "defesas" já prontas para que haja resposta imediata do organismo.

B) vacinações múltiplas, já que os efeitos dessa vacinação são muito passageiros.

C) sensibilização das células de defesa do organismo que ficam estimuladas e prontas para fagocitar o agente etiológico.

D) imunização passiva, introduzindo-se através do tubo digestório, em gotas, pequenas dosagens de anticorpos.

E) imunização ativa, através da introdução do antígeno no organismo.

03. (PUC Minas) A maioria dos morcegos que vemos voando durante a noite na cidade são completamente inofensivos ao homem. São morcegos frugívoros, ou seja, que se alimentam de frutos. Existem também aqueles que são nectívoros, ou seja, se alimentam do néctar das flores.

No entanto, no meio rural, ocorrem morcegos vampiros, atraídos pela existência de bois, vacas e cavalos, dos quais sugam o sangue. Eventualmente, esses morcegos podem sugar sangue do homem. Tal fato é preocupante, pois os morcegos hematófagos são, conhecidamente, transmissores de uma doença virótica e fatal, se não tratada a tempo.

A doença à qual o texto se refere é

A) caxumba.

B) hepatite.

C) rubéola.

D) raiva.

E) sarampo.

04. (UFMG) Em saúde pública, denominam-se "doenças emergentes" aquelas cuja ocorrência era desconhecida num determinado local. Uma típica doença emergente da década de 1990 é a febre de Ebola, surgida no Zaire, na África.

Com relação a essa doença, é **CORRETO** afirmar:

A) Apresenta, em seu ciclo, um vetor, um hospedeiro e um estágio larvário.

B) Podem-se excluir os macacos como seus possíveis reservatórios.

C) É provocada por um agente etiológico do mesmo grupo do causador da febre amarela.

D) Tem cura mediante a utilização de antibióticos nas fases iniciais.

05. (VUNESP-SP) Em relação à Aids, temos as afirmações seguintes:

I. A doença é causada por vírus.

II. O contágio se dá, principalmente, por transfusão de sangue contaminado, contato sexual com portadores e uso comum de agulhas pelos viciados em drogas.

III. A convivência com pessoa doente, em casa, no trabalho, na escola, na rua, excluídas as condições mencionadas em II, não oferece perigo de transmissão da doença.

IV. A doença atua sobre o sistema imunológico, diminuindo a resistência do organismo.

Considerando os conhecimentos atuais, assinale

A) se apenas II, III e IV são corretas.

B) se apenas II e III são corretas.

C) se apenas I, II e IV são corretas.

D) se apenas I, III e IV são corretas.

E) se I, II, III e IV são corretas.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) São medidas eficazes, a curto prazo, no controle do mosquito transmissor da dengue, **EXCETO**

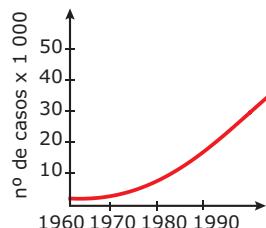
A) deixar caixas-d'água tampadas.

B) emborcar as garrafas vazias deixadas a céu aberto.

C) furar o fundo das latas para que elas não possam acumular água.

D) não deixar água acumulada em pratos de vasos de plantas.

E) canalizar os córregos sanitários (esgotos).

02. (PUC Minas) Entre as alternativas a seguir, marque aquela que apresenta risco de contaminação pelo vírus da Aids.

A) Respirar o mesmo ar que pessoas contaminadas.

B) Doar sangue com material descartável.

C) Ser picado por insetos que já picaram uma pessoa contaminada.

D) Fazer inseminação artificial sem controle do banco de sêmen.

E) Usar roupas e outros utensílios de pessoas contaminadas.

03. (PUC Minas) A dengue atinge moradores das zonas nobres do Rio e de São Paulo, mostrando que o ataque do vírus não se restringe à periferia e à pobreza.

Assinale a alternativa que **NÃO** está relacionada a essa doença.

A) O mosquito da dengue está causando também a febre amarela e a mesma vacina, utilizada na recente vacinação em massa, previne as duas doenças.

B) O controle da doença depende da diminuição dos focos de reprodução do mosquito.

C) O "fumacê" não é a solução, pois os danos ambientais são maiores do que a eficácia do produto.

D) A infecção por tipos diferentes do vírus pode apresentar dengue hemorrágica.

04. (UFMG) O gráfico representa a expansão da dengue no Brasil nas últimas três décadas.

As alternativas contêm hipóteses que podem explicar os dados do gráfico, **EXCETO**

A) Aceleração das migrações internas.
B) Ineficiência dos programas de saúde pública no país.
C) Poluição das águas dos rios onde as fêmeas desovam.
D) Resistência do vetor aos inseticidas utilizados.

05. (PUC Minas) O vírus da Aids deprime o sistema imunológico, porque

A) fagocita as imunoglobulinas.
B) fagocita os leucócitos.
C) parasita os linfócitos.
D) inibe a diapedese.
E) confere resistência às bactérias.

06. (Milton Campos-MG) *O sarampo, doença infecciosa facilmente transmissível e, portanto, disseminável, havia deixado de representar percalço no contexto da saúde pública em São Paulo. No entanto, a partir do segundo semestre de 1996, a enfermidade voltou com grande ímpeto [...]. Não esperávamos conviver no final do século com o retorno do sarampo como problema de saúde pública*.

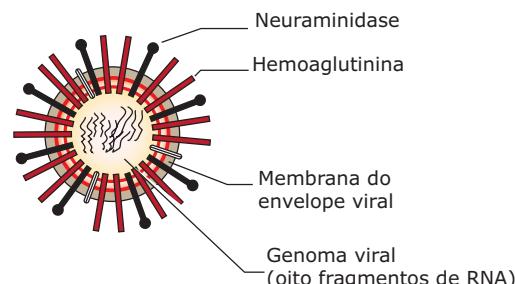
Prof. Vicente Amato Neto, titular do Depto. de doenças infecciosas e parasitárias da Faculdade de Medicina da USP – *Folha de S. Paulo*, 04 set. 1997.

Para se obter o controle profilático eficiente do sarampo, é indispensável

A) vacina.
B) medicação.
C) repouso.
D) quarentena.

07. (UERJ) Pandemias graves de gripe por vírus influenza repetem-se, no mundo, a determinados intervalos de tempo, causando milhões de mortes. Cientistas da OMS alertam para o fato de que a gripe aviária, surgida no sudeste asiático, pode provocar uma nova pandemia.

O controle do alastramento desse vírus é problemático, não só devido às facilidades de transporte no mundo, mas, também, porque as vacinas produzidas para combatê-lo podem perder a sua eficácia com o tempo.

Essa perda de eficácia está associada à seguinte característica dos vírus influenza:

A) Sofrer alterações em seu genoma com certa frequência.
B) Inibir com eficiência a produção de anticorpos pelo hospedeiro.
C) Destruir um grande número de células responsáveis pela imunidade.
D) Possuir cápsula protetora contra a maioria das defesas do hospedeiro.

08. (UFPB) Geralmente, o grupo de células que um tipo de vírus infecta é bastante restrito e está relacionado à interação existente entre as moléculas de proteínas receptoras específicas, presentes na superfície da célula a ser infectada, e o(as)

A) proteínas virais.
B) DNA viral.
C) ácido nucleico viral.
D) substâncias químicas específicas produzidas pelos vírus antes da infecção.
E) camadas de lipídeos do envelope viral.

09. (PUC Minas–2009) A gripe suína, que também afeta seres humanos, é uma doença causada pelo vírus da Influenza A, dito H1N1 em função da presença de duas proteínas, hemoaglutinina e neuraminidase, na superfície do patógeno.

O genoma viral é composto por oito fragmentos de RNA fita simples, que podem ser recombinados quando diferentes cepas virais infectam simultaneamente a mesma célula.

A esse respeito, é **INCORRETO** afirmar:

A) Os genes que codificam as proteínas neuraminidase e hemoaglutinina encontram-se no genoma viral.
B) A recombinação de diferentes cepas virais dificulta a produção de uma vacina definitiva para a gripe.
C) O RNA viral deve primeiro ser transformado em DNA para que o vírus possa produzir suas próprias proteínas.
D) A membrana do envelope viral é produzida pela célula hospedeira.

10. (UFMG) A imprensa brasileira noticiou, no início de 2001, o aumento da incidência da dengue em diversos estados brasileiros. No mesmo período, a Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais confirmou a existência de uma epidemia de febre amarela em alguns municípios do Estado.

Em relação a essas duas doenças, é **CORRETO** afirmar que

A) a campanha de vacinação promovida pela Secretaria de Saúde para combate à febre amarela vai reduzir, também, a incidência da dengue.
B) ambas são transmitidas pelo mesmo vetor e aumentam sua incidência no mesmo período do ano.
C) as medidas preventivas adotadas para evitar o ressurgimento da dengue e da febre amarela são as mesmas.
D) o mesmo vírus é responsável pelo surgimento de ambas, que se distinguem por seus sintomas nos indivíduos.

11. (UFV-MG) Impressionados com a notícia do poder arrasador com que o vírus Ebola vem dizimando uma certa população na África, alguns alunos de um colégio sugeriram medidas radicais para combater o vírus dessa terrível doença.

Considerando-se que esse agente infeccioso apresenta características típicas dos demais vírus, assinale a sugestão mais razoável.

A) Descobrir urgentemente um potente antibiótico que possa destruir a sua membrana celular.

B) Alterar o mecanismo enzimático mitocondrial para impedir o seu processo respiratório.

C) Injetar nas pessoas contaminadas uma dose maciça de bacteriófagos para fagocitar o vírus.

D) Cultivar o vírus *in vitro*, semelhante à cultura de bactérias, para tentar descobrir uma vacina.

E) Impedir, de alguma maneira, a replicação da molécula de ácido nucleico do vírus.

12. (UFRJ–2009) O herpes genital é uma doença infecciosa causada pelo vírus HSV-2, geralmente transmitido por meio de relações sexuais.

Quando um médico detecta o HSV-2 em uma mulher grávida, costuma recomendar que o parto seja realizado por cesariana, uma intervenção cirúrgica que extrai o feto diretamente do útero.

APRESENTE a razão desse cuidado.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2002) Uma nova preocupação atinge os profissionais que trabalham na prevenção da Aids no Brasil. Tem-se observado um aumento crescente, principalmente entre jovens, de novos casos de Aids, questionando-se, inclusive, se a prevenção vem sendo ou não relaxada. Essa temática vem sendo abordada pela mídia:

Medicamentos já não fazem efeito em 20% dos infectados pelo vírus HIV. Análises revelam que um quinto das pessoas recém-infectadas não haviam sido submetidas a nenhum tratamento e, mesmo assim, não responderam às duas principais drogas anti-Aids. Dos pacientes estudados, 50% apresentavam o vírus FB, uma combinação dos dois subtipos mais prevalentes no país, F e B.

Jornal do Brasil, 02 out. 2001 (Adaptação).

Dadas as afirmações anteriores, considerando o enfoque da prevenção, e devido ao aumento de casos da doença em adolescentes, afirma-se que

I. o sucesso inicial dos coquetéis anti-HIV talvez tenha levado a população a se descuidar e não utilizar medidas de proteção, pois se criou a ideia de que estes remédios sempre funcionam.

II. os vários tipos de vírus estão tão resistentes que não há nenhum tipo de tratamento eficaz e nem mesmo qualquer medida de prevenção adequada.

III. os vírus estão cada vez mais resistentes e, para evitar sua disseminação, os infectados também devem usar camisinhas e não apenas administrar coquetéis.

Está **CORRETO** o que se afirma em

A) I, apenas.

B) II, apenas.

C) I e III, apenas.

D) II e III, apenas.

E) I, II e III.

02. (Enem–2007) O *Aedes aegypti* é o vetor transmissor da dengue. Uma pesquisa feita em São Luís-MA, de 2000 a 2002, mapeou os tipos de reservatório onde esse mosquito era encontrado. A tabela a seguir mostra parte dos dados coletados nessa pesquisa.

Tipos de reservatório	População de *A. aegypti*		
	2000	2001	2002
Pneu	895	1 658	974
Tambor / tanque / depósito de barro	6 855	46 444	32 787
Vaso de planta	456	3 191	1 399
Material de construção / peça de carro	271	436	276
Garrafa / lata / plástico	675	2 100	1 059
Poço / cisterna	44	428	275
Caixa-d'água	248	1 658	1 178
Recipiente natural, armadilha, piscina e outros	615	2 658	1 178
Total	**10 059**	**58 604**	**38 962**

Caderno Saúde Pública, v.20, n.5, Rio de Janeiro, out/2004. (Adaptação).

De acordo com essa pesquisa, o alvo inicial para redução mais rápida dos focos do mosquito vetor da dengue nesse município deveria ser constituído por

A) pneus e caixas-d´água.

B) tambores, tanques e depósitos de barro.

C) vasos de plantas, poços e cisternas.

D) materiais de construção e peças de carro.

E) garrafas, latas e plásticos.

03. (Enem–2009) *Estima-se que haja atualmente no mundo 40 milhões de pessoas infectadas pelo HIV (vírus que causa a Aids), sendo que as taxas de novas infecções continuam crescendo principalmente na áfrica, Ásia e Rússia. Nesse cenário de pandemia, uma vacina contra HIV teria imenso impacto, pois salvaria milhões de vidas. Certamente seria um marco da história planetária e também uma esperança para as populações carentes de tratamento antiviral e de acompanhamento médico.*

TANURI, A. FERREIRA JUNIOR, O. C . Vacina contra Aids: desafios e esperanças. CIÊNCIA HOJE (44)26, 2009. (Adaptação).

Uma vacina eficiente contra o HIV deveria

A) induzir a imunidade, para proteger o organismo da contaminação viral.

B) ser capaz de alterar o genoma do organismo portador, induzindo a síntese de enzimas protetoras.

C) produzir antígenos capazes de se ligarem ao vírus, impedindo que este entre nas células do organismo humano.

D) ser amplamente aplicada em animais, minimizando a transmissão do vírus por gotículas de saliva.

04. (Enem–2001) A partir do primeiro semestre de 2000, a ocorrência de casos humanos de febre amarela silvestre extrapolou áreas endêmicas, com registros de casos em São Paulo e na Bahia, onde os últimos casos tinham ocorrido em 1953 e 1948. Para controlar a febre amarela silvestre e previnir o risco de uma reurbanização da doença, foram propostas as seguintes ações:

I. exterminar os animais que servem de reservatório do vírus causador da doença.

II. combater a proliferação do mosquito transmissor.

III. intensificar a vacinação nas áreas onde a febre amarela é endêmica e em suas regiões limítrofes.

É efetiva e possível de ser implementada uma estratégia envolvendo

A) a ação II, apenas.

B) as ações I e II, apenas.

C) as ações I e III, apenas

D) as ações II e III, apenas.

E) as ações I, II e III.

05. (Enem–2010) Investigadores das Universidades de Oxford e da Califórnia desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada que é candidata para uso na busca de redução na transmissão do vírus da dengue. Nessa nova variedade de mosquito, as fêmeas não conseguem voar devido à interrupção do desenvolvimento do músculo das asas. A modificação genética introduzida é um gene dominante condicional, isso é, o gene tem expressão dominante (basta apenas uma cópia do alelo) e este só atua nas fêmeas.

FU, G. et al. *Female-specific hightiess phenotype for mosquito control*. PNAS 107 (10): 4550-4554, 2010.

Prevê-se, porém, que a utilização dessa variedade de *Aedes aegypti* demore ainda anos para ser implementada, pois há demanda de muitos estudos com relação ao impacto ambiental. A liberação de machos de *Aedes aegypti* dessa variedade geneticamente modificada reduziria o número de casos de dengue em uma determinada região porque

A) diminuiria o sucesso reprodutivo desses machos transgênicos.

B) restringiria a área geográfica de voo dessa espécie de mosquito.

C) dificultaria a contaminação e reprodução do vetor natural da doença.

D) tornaria o mosquito menos resistente ao agente etiológico da doença.

E) dificultaria a obtenção de alimentos pelos machos geneticamente modificados.

GABARITO

Fixação

01. D
02. E
03. D
04. C
05. E

Propostos

01. E
02. D
03. A
04. C
05. C
06. A
07. A
08. A
09. C
10. B
11. E
12. A cesariana evita o contato, que provavelmente aconteceria no parto normal, do recém-nascido com o tecido da mãe infectado pelo vírus HSV-2.

Seção Enem

01. C
02. B
03. A
04. D
05. C

BIOLOGIA

Categorias taxonômicas e regras de nomenclatura

A **taxonomia** (do grego *táxon*, categoria, grupo, e *nomos*, conhecimento) é a parte da Biologia encarregada de estudar a classificação dos seres vivos. Seu objetivo é facilitar o estudo, agrupando os seres vivos em diversas categorias.

O sistema de classificação dos seres vivos pode ser artificial ou natural.

Sistema artificial de classificação – Não leva em consideração o grau de parentesco entre as espécies. É baseado em critérios escolhidos arbitrariamente pelo autor da classificação. Por exemplo: utilizando como critério o modo de locomoção dos animais, pode-se classificá-los em nadadores, voadores, saltadores, rastejadores, etc. Observe que, nessa classificação, uma águia (ave) e uma mosca (inseto), apesar de estarem bem afastadas uma da outra do ponto de vista evolutivo ou de parentesco, estão no mesmo grupo, o dos animais voadores. Por outro lado, águia e avestruz, que evolutivamente estão muito próximos, já que ambos são aves, pertencem a grupos diferentes: a águia, ao grupo dos animais voadores; e o avestruz, ao dos animais de locomoção terrestre.

Sistema natural de classificação – Agrupa os seres vivos de acordo com o grau de parentesco existente entre eles. É baseado fundamentalmente na evolução dos seres vivos durante os milhares de anos que se passaram desde quando surgiram na Terra até os dias atuais. É o sistema de classificação que tem valor do ponto de vista científico. Nele, os seres vivos são agrupados em categorias denominadas **taxonômicas** ou ***taxa*** (plural de *táxon*).

CATEGORIAS TAXONÔMICAS

O quadro a seguir mostra o nome das categorias taxonômicas básicas ou fundamentais:

Espécie / Gênero / Família / Ordem / Classe / Filo /Reino

- **Espécie** – É a unidade ou categoria básica do sistema de classificação. Devido ao grande número de diferentes formas de vida (animais, vegetais, micro-organismos), existentes ou já extintas, é muito difícil estabelecer um conceito de espécie que seja aplicável a todas elas. Vários são os aspectos que devem ser levados em consideração para se identificar um grupo de seres vivos como sendo uma espécie: semelhanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, compatibilidade sexual na natureza, aspectos do comportamento, etc. Pode-se definir espécie como: "*grupo de seres morfologicamente e fisiologicamente semelhantes, capazes de se cruzarem habitualmente na natureza, produzindo descendentes férteis*", mantendo-se isolados reprodutivamente de outros grupos. Essa definição é satisfatória na maioria dos casos; em alguns, entretanto, não pode ser aplicada, como em certos micro-organismos que só se reproduzem assexuadamente.

  Em certos casos, pode-se ter o cruzamento, em condições naturais, de organismos pertencentes a espécies distintas. Seus descendentes, no entanto, não são férteis ou, a partir de certa geração, tornam-se estéreis. Esses descendentes do cruzamento de indivíduos de espécies distintas são híbridos. Como exemplos de híbridos, podem ser citados os burros e as mulas, que são originários do cruzamento entre o jumento (*Equus asinus*) e a égua (*Equus caballus*).

  Há casos também em que indivíduos de espécies diferentes podem cruzar-se e produzir descendentes em condições artificiais de cativeiro, não se cruzando, porém, em condições naturais. Isso acontece, por exemplo, com leões e tigres, que, embora sendo de espécies distintas, podem cruzar-se em cativeiro. Em condições naturais, essas duas espécies não se cruzam, pois têm hábitos diferentes e vivem em ambientes distintos. Os tigres são animais solitários que vivem em florestas, enquanto os leões vivem em bandos e habitam as savanas.

  Muitas espécies se subdividem em **subespécies** que diferem em determinadas características e geralmente estão adaptadas a ambientes diferentes. A espécie *Passer domesticus* (pardal), por exemplo, subdivide-se em subespécies: *Passer domesticus domesticus*, *Passer domesticus niloticus* e outros.

- **Gênero** – É um grupamento de espécies diferentes que apresentam algumas características semelhantes. Por exemplo: os gatos domésticos (gato siamês, gato persa e outros) pertencem a uma mesma espécie, *Felis catus*. Já o gato-selvagem europeu pertence a uma outra espécie, *Felis silvestris*. Apesar de serem de espécies diferentes, o gato doméstico e o gato selvagem possuem algumas características semelhantes e, por isso, pertencem a um mesmo gênero: o gênero *Felis*.

- **Família** – É um grupamento de gêneros diferentes que apresentam algumas características semelhantes. O gênero *Felis* (que agrupa, por exemplo, os gatos domésticos e os gatos selvagens) e o gênero *Phantera* (em que se incluem os leões, os tigres, as onças e os leopardos) pertencem a uma mesma família: a família Felidae.
- **Ordem** – É um grupamento de famílias diferentes com algumas características semelhantes. Por exemplo: a família Felidae (que agrupa os gatos, os leões, as onças e outras) e a família Canidae (na qual se incluem, por exemplo, os cães e os lobos) são formadas por grandes comedores de carne que pertencem a uma mesma ordem: a ordem Carnivora.
- **Classe** – É um grupamento de ordens diferentes que apresentam certas características semelhantes. Por exemplo: a ordem Carnivora, a ordem Rodentia (que agrupa os roedores, como o rato, a paca, a capivara e outros), a ordem Primata (à qual pertencem o homem, o chimpanzé, o gorila e outros) e a ordem Cetacea (dos golfinhos e baleias) são formadas por indivíduos que, embora apresentem grandes diferenças quanto ao porte, ao hábitat e ao comportamento, possuem uma característica comum: todos são portadores de glândulas mamárias e, por isso, pertencem a uma mesma classe, a classe Mammalia (dos mamíferos).
- **Filo (Divisão)** – É um grupamento de classes diferentes que apresentam certas características semelhantes. Por exemplo: a classe Mammalia (dos mamíferos), a classe Amphibia (dos anfíbios) e a classe Reptilia (dos répteis) são formadas por animais que apresentam, na fase embrionária, um eixo de sustentação denominado notocorda. Essas classes pertencem a um mesmo filo: o filo Chordata (dos cordados).

  OBSERVAÇÃO

  Na classificação dos vegetais, costuma-se usar com mais frequência o termo divisão, em vez de filo, embora essas denominações sejam correspondentes.
- **Reino** – É um grupamento de diferentes filos. O filo Chordata (dos cordados), o filo Mollusca (dos moluscos), o filo Annellida (dos anelídeos) e muitos outros formam o reino Animalia (reino animal).

  No quadro a seguir, vê-se uma representação da hierarquia das categorias taxonômicas:

REINO	Conjunto de todos os filos
FILO	Grupamento de classes
CLASSE	Grupamento de ordens
ORDEM	Grupamento de famílias
FAMÍLIA	Grupamento de gêneros
GÊNERO	Grupamento de espécies
ESPÉCIE	(Conceito no texto)

Além das categorias básicas mencionadas anteriormente, existem categorias intermediárias, como subespécie, subgênero, subfamília, superfamília, subordem, subclasse, superclasse e outras.

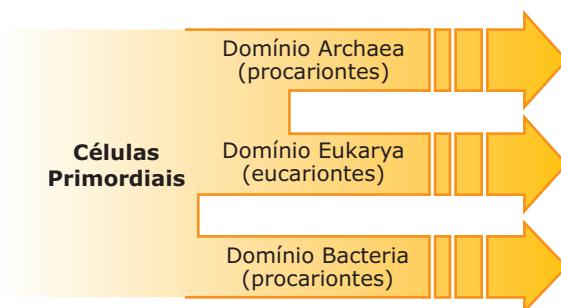
OS REINOS DOS SERES VIVOS

Com base em estudos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e, principalmente, evolutivos, tem-se procurado, ao longo dos tempos, criar um sistema de classificação dos seres vivos que seja o mais abrangente possível, isto é, com um menor número de exceções. Assim, além do sistema mais antigo, que os divide em apenas dois reinos, há sistemas com três, quatro, cinco ou até seis reinos.

Em 1969, Whittaker, levando em consideração estudos mais recentes sobre evolução, propôs um sistema de classificação no qual os seres vivos foram distribuídos em cinco reinos. Esse sistema é usado atualmente pela maioria dos autores.

- **O sistema de cinco reinos** – Nesse sistema, os seres vivos estão distribuídos nos seguintes reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae (Vegetal) e Animalia (Animal).

Monera	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Bactérias	Protozoários	Fungos	Briófitas	Poríferos
	Algas		Pteridófitas	Celenterados
			Gimnospermas	Platelmintos
			Angiospermas	Asquelmintos
				Moluscos
				Anelídeos
				Artrópodos
				Equinodermos
				Cordados

***Monera**: seres unicelulares, procariontes, autótrofos ou heterótrofos.*

***Protista**: seres unicelulares, eucariontes, heterótrofos e seres unicelulares e multicelulares autótrofos que não formam tecidos verdadeiros. Obs.: Alguns autores incluem todas as algas no reino Protista, enquanto outros incluem nesse reino apenas as algas unicelulares, preferindo incluir as algas pluricelulares no reino Plantae.*

***Fungi**: inclui todos os fungos, isto é, seres eucariontes, uni ou pluricelulares, sem diferenciação de tecidos, que se assemelham às algas na organização e na reprodução, mas que diferem delas por serem heterótrofos.*

***Plantae**: seres eucariontes, pluricelulares, autótrofos. Suas células possuem parede celular e cloroplastos.*

***Animalia**: seres eucariontes, pluricelulares, heterótrofos. Inclui os animais pluricelulares.*

Estudos e avanços tecnológicos mais recentes da Biologia Celular e Molecular, baseados notadamente na sequência de nucleotídeos no RNA ribossomal, possibilitaram um melhor esclarecimento da **filogênese**, isto é, das relações evolutivas entre os organismos. Os pesquisadores concluíram que, a partir das células procariotas primordiais, que surgiram há cerca de 3,5 bilhões de anos, houve uma ramificação em duas direções, originando dois grupos ou domínios (categoria criada pelo microbiologista Carl Woese e que é superior a reino): **Archaea** e **Bacteria**. Posteriormente e a partir do domínio **Archaea**, surgiram as primeiras células eucariontes, que constituíram o domínio **Eukarya**.

Esquema mostrando a divisão dos seres vivos em três grupos ou domínios *– Observe que o grupo Eukarya se separou do grupo Archaea posteriormente, sendo o grupo Bacteria o mais antigo.*

O domínio ***Archaea*** *compreende os seres procariontes metanógenos (produtores do gás metano) e os que vivem em condições extremas de alta ou baixa temperatura e salinidade, acidez ou alcalinidade elevada. Nesse domínio, estão incluídas bactérias primitivas, também chamadas* ***arqueobactérias****.*

O domínio ***Bacteria*** *engloba as bactérias atualmente conhecidas por* ***eubactérias****.*

O domínio ***Eukarya*** *engloba todos os* ***seres constituídos por células eucariontes****.*

Qualquer que seja a classificação adotada, o importante é conhecer os principais grupos de seres vivos e as suas principais características.

REGRAS DE NOMENCLATURA CIENTÍFICA PARA OS SERES VIVOS

As regras atuais para a denominação científica dos seres vivos foram estabelecidas em *Congresso Internacional de Nomenclatura Científica* e baseadas na nomenclatura proposta pelo botânico e médico sueco Karl von Linné (mais conhecido por Lineu) em seu livro *Systema Naturae*.

As principais regras são:

- Os nomes científicos devem ser escritos em latim ou palavras latinizadas.
- A designação científica é binomial para espécie; trinominal para subespécie e uninominal para as demais categorias.
- O nome científico de uma espécie deverá ser destacado das demais palavras do texto. Esse destaque poderá ser feito grifando-se o nome da espécie ou grafando-o com um tipo de letra diferente das demais palavras do texto.
- A primeira palavra do nome de uma espécie é o nome genérico e indica o gênero ao qual ela pertence. Obrigatoriamente, ela é escrita com a inicial maiúscula. A segunda palavra do nome de uma espécie é o epíteto específico, isto é, o nome que identifica a espécie dentro do gênero e deve ser escrito com inicial minúscula, sendo facultativo escrevê-lo com inicial maiúscula, caso seja relativo a um nome próprio (nome de pessoa, por exemplo). Veja os exemplos a seguir:

Canis familiaris **(cão)**	***Trypanosoma cruzi*** **(protozoário causador da doença de Chagas)**
Gênero: *Canis*	Gênero: *Trypanosoma*
Nome genérico: *Canis*	Nome genérico: *Trypanosoma*
Epíteto específico: *familiaris*	Epíteto específico: *cruzi*
Espécie: *Canis familiaris*	Espécie: *Trypanosoma cruzi*, uma homenagem ao cientista Oswaldo Cruz, é transliteração latina de Cruz.

- Quando o epíteto específico for dado em homenagem a alguém, o nome dessa pessoa deverá ir para o genitivo latino, bastando, para isso, acrescentar a terminação **i**, se for masculino, e **ae** ou **e**, se for feminino.

  No *Trypanosoma cruzi*, por exemplo, o epíteto específico *cruzi* resultou de Cruz + i. Em *Peripatus heloisae*, o nome *heloisae* veio de Heloísa + e.
- Caso o nome da espécie já tenha sido citado por extenso no texto, as próximas citações desse nome no mesmo texto poderão ser abreviadas. Para isso, basta citar a inicial do nome do gênero, seguida de ponto e do epíteto específico. Assim, se num texto sobre o *Trypanosoma cruzi* esse nome já tiver sido citado por extenso, as próximas citações poderão ser feitas apenas por *T. cruzi*.
- Quando não se sabe a espécie, ou não interessa citá-la, pode-se usar apenas o nome genérico seguido da sigla **sp.**, que significa "qualquer espécie do gênero". Dessa forma, *Plasmodium* sp. refere-se a qualquer espécie do gênero *Plasmodium*.
- Quando um gênero é muito extenso, pode ser desdobrado em subgêneros. A referência ao subgênero é feita colocando-se o seu nome, obrigatoriamente, com inicial maiúscula, dentro de parênteses, entre o nome genérico e o epíteto específico:

Drosophila (Sophophora) melanogaster
Gênero: *Drosophila*
Subgênero: *Sophophora*
Espécie: *Drosophila melanogaster*

- Desejando-se citar, junto com o nome da espécie, o autor que a descreveu primeiro, coloca-se o seu nome logo após o epíteto específico, sem qualquer pontuação intermediária. O nome do autor não é escrito em destaque. Assim, *Canis familiaris* Lineu significa que um indivíduo chamado Lineu foi quem descreveu, pela primeira vez, a espécie *Canis familiaris*.

- Desejando-se citar, junto com o nome da espécie, a data da sua primeira descrição, coloca-se vírgula após o nome da espécie e, em seguida, o ano em que foi feita sua primeira descrição. Preferindo-se, o ano pode ser colocado entre parênteses imediatamente após o nome da espécie, sem qualquer pontuação intermediária. Sendo assim, as citações *Canis familiaris*, 1758 ou *Canis familiaris* (1758) mostram que a espécie *Canis familiaris* foi descrita, pela primeira vez, em 1758.
- Desejando-se citar, junto com o nome da espécie, o autor que a descreveu primeiro e a data da primeira descrição, coloca-se o nome do autor imediatamente após o nome da espécie, seguindo-se depois uma vírgula e o ano da primeira descrição (ou coloca-se o ano dentro de parênteses). O exemplo *Canis familiaris* Lineu, 1758 ou *Canis familiaris* Lineu (1758) significa que a espécie *Canis familiaris* foi descrita pela primeira vez por Lineu, em 1758.
- Quando uma espécie já descrita troca de gênero (por exemplo, pelo fato de a denominação anterior ter sido por alguma razão inadequada), coloca-se, entre parênteses, após o nome da espécie, o nome do autor que primeiro a classificou seguido de vírgula e a data da publicação. Fora dos parênteses, aparece o nome do estudioso que modificou o nome do gênero, seguido de vírgula e a data da nova publicação. Por exemplo, em 1758, Lineu descreveu a formiga-saúva, denominando-a *Formica sexdens*. Mais tarde, em 1804, Fabricius, reexaminando os estudos de Lineu, achou inadequado o nome do gênero *Formica* e, por várias razões, modificou-o para o gênero *Atta*. Assim, quando se faz referência a essa espécie, usa-se a seguinte grafia: *Atta sexdens* (Lineu, 1758) Fabricius, 1804.
- A designação de subespécie é trinominal. O primeiro nome refere-se ao gênero e é escrito com inicial maiúscula, seguindo-se o epíteto específico e o subespecífico, respectivamente, ambos com iniciais minúsculas. Veja o exemplo a seguir:

Passer domesticus niloticus
Gênero: *Passer*
Espécie: *Passer domesticus*
Subespécie: *Passer domesticus niloticus*

  Observe que os três nomes são escritos em destaque.

- Algumas categorias possuem terminações próprias. Por exemplo: em se tratando de **animais**, as terminações dos nomes das categorias família e subfamília são, respectivamente, **idae** e **inae**. Exemplo: família Canidae; subfamília Felinae.

  Em se tratando de **vegetais**, a terminação de família é **aceae**. Exemplo: Palmaceae.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Cesgranrio) Na organização de um sistema de classificação natural, devem considerar-se

A) exclusivamente as semelhanças morfológicas entre os organismos.

B) exclusivamente os caracteres dos órgãos reprodutores.

C) os caracteres de vários órgãos escolhidos arbitrariamente segundo o tipo de animal.

D) as condições ambientais em que vivem os seres dentro de um mesmo ecossistema.

E) as relações de afinidade entre seres diferentes, mas provenientes de ancestrais comuns.

02. (Cesgranrio) As categorias taxonômicas em Zoologia são ordenadas, de modo ascendente, da seguinte forma:

A) Espécie, gênero, ordem, família, classe e filo.

B) Filo, classe, família, ordem, gênero e espécie.

C) Filo, ordem, classe, família, gênero e espécie.

D) Filo, classe, ordem, família, gênero e espécie.

E) Espécie, gênero, família, ordem, classe e filo.

03. (FCMMG) Em relação às regras de nomenclatura zoológica, a alternativa **ERRADA** é:

A) O nome do subgênero, quando citado na espécie, deve ser colocado entre parênteses, entre os nomes genérico e específico.

B) A nomenclatura das subespécies é trinominal.

C) Todos os nomes taxonômicos devem ser latinizados.

D) O nome da família é formado acrescentando-se ao radical do gênero a desinência ***idae***.

E) A nomenclatura das espécies é latina e binomial; a primeira representa o nome da espécie, e a segunda representa o gênero.

04. (UFMG) Qual das afirmativas está **ERRADA**?

A) Animais pertencentes à mesma classe são do mesmo filo.

B) Animais pertencentes a diferentes ordens podem ser da mesma família.

C) Indivíduos pertencentes a gêneros diferentes necessariamente são de espécies distintas.

D) Várias raças podem pertencer a uma mesma espécie.

E) Três gêneros podem estar contidos em duas famílias, e estas em uma única ordem.

05. (PUC Minas) A alternativa que contém a notação científica **CORRETA** da espécie do mosquito transmissor da dengue é:

A) *Aedes* AEGYPTI.

B) AEDES AEGYPTI.

C) Aedes Aegypti.

D) *AEDES aegypti.*

E) *Aedes aegypti.*

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

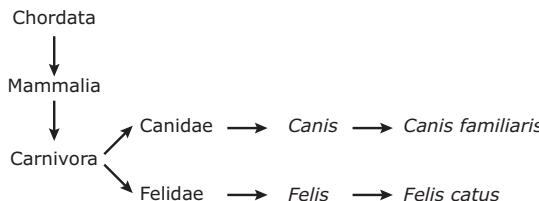
01. (UFMG) A abóbora, o melão e a melancia são classificados como Cucurbitaceae. A partir desse dado, pode-se afirmar que todos eles pertencem

A) à mesma subespécie.
B) à mesma espécie.
C) ao mesmo subgênero.
D) ao mesmo gênero.
E) à mesma família.

02. (UFMG) A partir de conhecimentos sobre regras de nomenclatura zoológica, responda a esta questão.

Com qual das fêmeas citadas o macho de *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) *triannulatus triannulatus* pode cruzar e produzir descendentes férteis, através de várias gerações?

A) *Anopheles (Nyssorhynchus) aquasalis*.
B) *Anopheles (Nyssorhynchus) triannulatus davisi*.
C) *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis domesticus*.
D) *Anopheles (Nyssorhynchus) brasiliensis*.
E) *Anopheles (Anopheles) intermedius*.

03. (UFMG) Utilizando conhecimentos de regras de nomenclatura e analisando os nomes a seguir, pode-se afirmar que os indivíduos citados pertencem a, **EXCETO**

Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi

Anopheles (Nyssorhynchus) aquasalis

Anopheles (Kerteszia) bellator

A) dois subgêneros.
B) um gênero.
C) três espécies.
D) duas subespécies.
E) uma ordem.

04. (PUC-SP) O diagrama a seguir mostra as principais categorias taxonômicas a que pertencem o cão e o gato.

A análise do diagrama permite dizer que os dois animais são incluídos na mesma categoria até

A) classe.
B) família.
C) filo.
D) gênero.
E) ordem.

05. (UFBA) O conjunto de indivíduos semelhantes e capazes de intercruzarem-se, produzindo descendentes férteis, define, biologicamente,

A) comunidade.
B) família.
C) gênero.
D) espécie.
E) clone.

06. (UFBA) *Crassostrea rhizophora*, *Rhizophora mangle* e *Crassostrea brasiliana* são nomes científicos de três espécies vegetais. Com base nos princípios da nomenclatura biológica, pode-se concluir que

A) há maior grau de parentesco entre *Crassostrea rhizophora* e *Crassostrea brasiliana* que entre *Crassostrea rhizophora* e *Rhizophora mangle*.
B) há maior grau de parentesco entre *Crassostrea rhizophora* e *Rhizophora mangle* que entre *Crassostrea rhizophora* e *Crassostrea brasiliana*.
C) entre *Crassostrea brasiliana* e *Rhizophora mangle* se evidencia uma relação de parentesco em nível de ordem.
D) entre *Crassostrea rhizophora* e *Rhizophora mangle* se evidencia uma relação de parentesco em nível de gênero.
E) *Crassostrea brasiliana* e *Crassostrea rhizophora* são aparentadas, ainda que pertençam a famílias diferentes.

07. (UCP-PR) Em termos de classificação de animais e de plantas, o nível correspondente ao filo entre animais, corresponde, entre vegetais, a

A) classe.
B) ordem.
C) superfamília.
D) família.
E) divisão.

08. (PUC Minas) Considere as quatro espécies a seguir relacionadas:

1. *Euglena viridis*
2. *Hydra viridis*
3. *Leopardus pardalis*
4. *Leopardus wiedii*

É **CORRETO** afirmar:

A) Todas pertencem à mesma espécie.
B) 1 e 2 são de gêneros diferentes, mas a espécie é a mesma.
C) Há, entre as quatro espécies, apenas duas diferentes.
D) 3 e 4 são espécies diferentes, mas do mesmo gênero.
E) 1 e 2 são da mesma subespécie.

09. (FCMMG) De acordo com o sistema de nomenclatura zoológica, é **CORRETO** afirmar:

A) O nome da família é formado acrescentando-se ao radical do gênero a desinência *inae*.
B) O gênero é escrito sempre em letra minúscula.
C) Os nomes de gênero e de subgênero devem consistir em uma palavra simples, única, latina ou latinizada.
D) A nomenclatura das espécies é latina e binominal, a primeira palavra representa a espécie e a segunda, o gênero.
E) Quando escrevemos *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi*, queremos mostrar também a presença da subfamília, que fica colocada entre parênteses.

10. (Cesgranrio) Em 1877, Cobbold descreveu o parasita da filariose de Bancrofti sob o nome de *Filaria bancrofti*. Em 1921, Seurat transferiu essa espécie para o gênero *Wuchereria*, criado por Silva Araújo, em 1877. Em face dessa modificação, qual das notações taxonômicas é a **CORRETA**?

A) *Filaria bancrofti* Seurat, 1921
B) *Wuchereria bancrofti* (Cobbold, 1877) Seurat, 1921
C) *Wuchereria bancrofti* Cobbold, 1921
D) *Wuchereria (Filaria) bancrofti* (Cobbold, 1877)
E) *Wuchereria (Filaria) bancrofti*, 1921, Seurat, 1877, Cobbold.

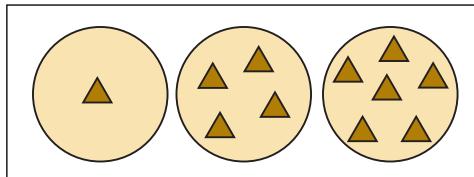
11. (UFU-MG) A cascavel (*Crotalus terrificus*) e a cobra-coral (*Micrurus coralinus*) pertencem à mesma ordem e possuem, também, em comum, a categoria

A) subespécie.
B) classe.
C) espécie.
D) família.
E) gênero.

12. (Unicamp-SP) *Leptodactylus labyrinthicus* é um nome aparentemente complicado para um anfíbio que ocorre em brejos do estado de São Paulo. **JUSTIFIQUE** o uso do nome científico em vez de, simplesmente, rã-pimenta, como dizem os pescadores.

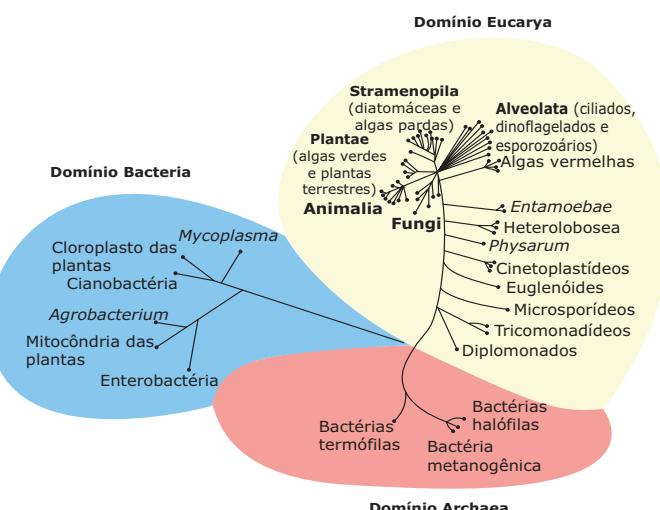
13. (UFMA) O café representa uma espécie vegetal que é classificada da seguinte maneira: Plantae, Tracheophyta, Angiospermae, Rubiales, Rubiaceae, Coffea, *Coffea arabica*.

Assinale a alternativa que contém a família à qual a planta pertence.

A) Rubiaceae
B) Coffea
C) Rubiales
D) Angiospermae
E) Tracheophyta

SEÇÃO ENEM

01. Nos sistemas naturais de classificação, baseados principalmente no grau de parentesco evolutivo, os seres vivos são agrupados em categorias ditas taxonômicas ou *taxa* (plural de *taxon*). Essas categorias estão mencionadas a seguir e colocadas numa ordem crescente de complexidade:

Espécie → Gênero → Família → Ordem → Classe → Filo → Reino

Um reino é um conjunto de filos; um filo é um conjunto de classes; uma classe é um conjunto de ordens; uma ordem é um conjunto de famílias; uma família é um conjunto de gêneros e um gênero é um conjunto de espécies.

O esquema a seguir representa três categorias taxonômicas inclusivas.

Considerando as informações fornecidas sobre as categorias taxonômicas, se os triângulos do esquema anterior representarem o *taxon* espécie, o quadrilátero será

A) uma família contendo 11 gêneros.
B) uma família contendo três gêneros.
C) um gênero contendo três famílias.
D) um gênero contendo três espécies.
E) uma ordem contendo três famílias.

02. No estudo da diversidade dos seres vivos, propostas de ordenamento e classificação têm sido usadas. Uma das propostas, criada em 1978 pelo microbiologista Carl Woese, distribui os seres vivos em três Domínios: Bactéria (ou Eubactéria), Archaea (ou Arqueobactérias) e Eukarya (ou Eucária), conforme mostra a ilustração a seguir.

Fonte: LOPES. S. *BIO 2*. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006. p. 39.

No Domínio Eukarya, todos os componentes

A) realizam nutrição autotrófica.
B) são multicelulares.
C) possuem organização histológica.
D) são aeróbicos estritos.
E) possuem organização celular eucariota.

GABARITO

Fixação

01. E 02. E 03. E 04. B 05. E

Propostos

01. E 02. B 03. D 04. E
05. D 06. A 07. E 08. D
09. C 10. B 11. B
12. A nomenclatura científica apresenta, em relação à nomenclatura comum, duas grandes vantagens: a universalidade e a imutabilidade, isto é, cada organismo possui a mesma nomenclatura em qualquer idioma e região, e essa nomenclatura não pode ser alterada aleatoriamente.
13. A

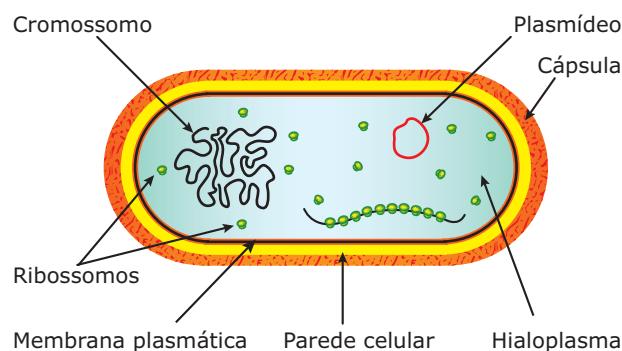
Seção Enem

01. B
02. E

BIOLOGIA

MÓDULO 04 FRENTE C

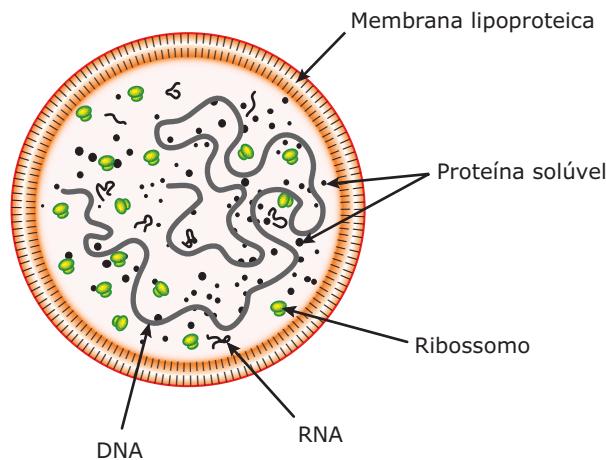
Bactérias: reprodução e características gerais

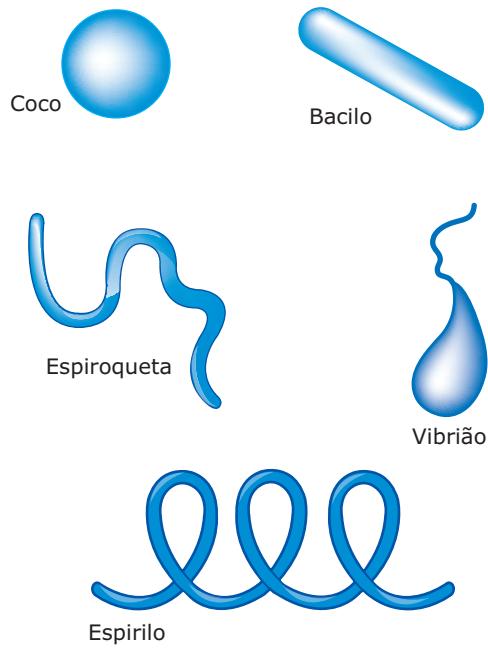
As bactérias são seres vivos unicelulares procariontes, isto é, têm uma organização celular bastante rudimentar (célula procariota), em que o material nuclear não é individualizado devido à ausência da carioteca. Podem ser autótrofas ou heterótrofas, aeróbicas ou anaeróbicas.

Nos sistemas modernos de classificação, formam o chamado reino **Monera** (do grego *moneres*, único) e estão subdivididas em dois grandes grupos: arqueobactérias e eubactérias.

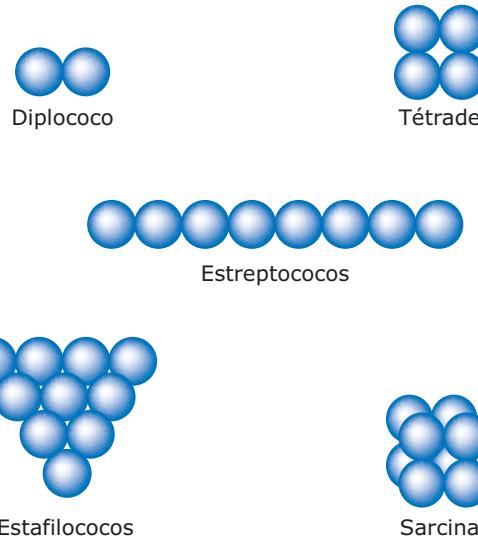
As **arqueobactérias** (do grego *archaios*, antigo) são bactérias primitivas e, provavelmente, muito semelhantes aos primeiros seres vivos que habitaram o nosso planeta há cerca de 3,5 bilhões de anos. Atualmente, existem poucas espécies de arqueobactérias que vivem em condições ambientais extremamente hostis a outros seres vivos, como é o caso das bactérias halófitas (que vivem em lagos muito salgados) e das bactérias termoacidófilas (que vivem em fontes de águas quentes e ácidas).

As **eubactérias** (do grego *eu*, verdadeiro) ou bactérias verdadeiras formam o grupo mais numeroso e diversificado das bactérias, sendo encontradas nos mais variados ambientes, inclusive no corpo humano e no de outros animais. Nesse grupo, incluem-se também as **cianobactérias**, antigamente denominadas cianofíceas (algas azuis).

CARACTERÍSTICAS GERAIS

- São seres **unicelulares** e **procariontes**.

Célula bacteriana – *O material genético das bactérias está representado normalmente por um único cromossomo circular. A região da célula onde se concentra esse cromossomo pode ser chamada de nucleoide. Em algumas bactérias, existem também os plasmídeos, que são pequenos segmentos de DNA circular encontrados livres no hialoplasma bacteriano e que respondem por algumas características genéticas. Alguns plasmídeos podem integrar-se ao cromossomo da bactéria e, nesse caso, recebem o nome de epissomo. Os ribossomos, responsáveis pela síntese de proteínas, encontram-se dispersos pelo hialoplasma. Por cima da membrana plasmática, a maioria das bactérias possui parede celular, constituída quimicamente por peptidioglicanos (peptídeos associados a polissacarídeos), como o ácido murâmico. Algumas bactérias também podem apresentar uma cápsula protetora sobre a parede celular. A cápsula é formada por substâncias viscosas, gelatinosas, geralmente de natureza polissacarídica, embora existam cápsulas formadas por polipeptídeos e outros compostos.*

- São seres microscópicos, tendo, em média, cerca de 1 μm de diâmetro e, às vezes, até menos (lembre-se de que 1 $\mu m = 10^{-3}$ mm). As menores bactérias estão representadas pelas riquétsias e pelos micoplasmas.

  As riquétsias têm dimensões entre 0,3 e 0,5 μm. Assim como os vírus, as riquétsias são parasitas intracelulares obrigatórios e patogênicos para o homem. Um bom exemplo é a *Rickettsia prowazeki*, causadora do tifo exantemático. Alguns autores classificam essas bactérias como seres procariontes incompletos, devido à dependência que possuem de outras células para poderem se reproduzir.

  Os micoplasmas são menores ainda que as riquétsias. São as menores células conhecidas e constituem a forma mais primitiva de vida capaz de manifestar metabolismo próprio. Não possuem parede celular, sendo encontrados nos esgotos, no solo e parasitando organismos animais (como ratos e mesmo a espécie humana), nos quais causam doenças pulmonares, renais, das vias urinárias e nas articulações. Também são conhecidos pela sigla PPLO (*Pleuropneumonia-like Organisms*) pelo fato de o primeiro espécime conhecido desse grupo ser o causador de uma pneumopatia em ratos e aves.

Representação de um PPLO *– A estrutura do PPLO é muito simples, com uma membrana externa lipoproteica, um longo DNA, ribossomos, RNAt e proteínas.*

- As bactérias apresentam os seguintes tipos morfológicos: cocos, bacilos, vibriões, espirilos e espiroquetas.

Tipos morfológicos de bactérias *– Os cocos (do grego* Kókkos, *grão) são bactérias de morfologia esférica ou arredondada; bacilos (do grego* Bacillu, *bastãozinho) têm forma de bastonetes (pequenos bastões); vibriões (do francês* Vibrion, *de vibrer, vibrar) possuem forma de vírgula; espirilos (do latim* Spirillum, *que tem filamentos espiralados) são espiralados e se deslocam por meio de flagelos localizados nas extremidades da célula, enquanto os espiroquetas, que também são espiralados, se deslocam por meio de movimentos ondulatórios do corpo. Obs.: Alguns autores não fazem distinção entre os espirilos e os espiroquetas, classificando todas as bactérias espiraladas como espirilos.*

Os cocos podem ser encontrados isolados ou associados uns aos outros formando colônias que podem ser dos seguintes tipos: **diplococos**, **tétrade**, **sarcina**, **estafilococos** e **estreptococos**.

Colônias de cocos – *Diplococos (pares de cocos); Tétrade (colônia de 4 cocos); Estreptococos (fileiras de cocos); Estafilococos (cachos de cocos); Sarcina (cubo de 8 ou mais cocos).*

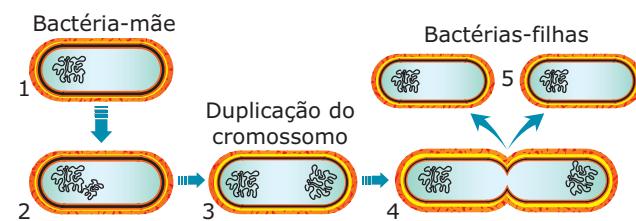
- Podem apresentar ou não locomoção própria, isto é, podem ser móveis ou imóveis. As bactérias móveis locomovem-se por meio de flagelos ou por movimentos ondulatórios do corpo. Os flagelos das bactérias são modificações da membrana celular que englobam o citoplasma com moléculas filamentares contráteis de uma proteína chamada flagelina, muito semelhante à miosina (lembre-se de que as bactérias não têm centríolos).

  É importante não confundir os flagelos bacterianos com as fímbrias ou pili, que são formações filamentosas mais curtas que os flagelos e não desempenham nenhum papel relativo à motilidade, podendo existir tanto em bactérias móveis como em imóveis. As fímbrias são estruturas de fixação, isto é, permitem a adesão da célula bacteriana às diferentes superfícies de contato.

- São os seres vivos mais disseminados pela face da Terra, sendo encontradas no ar, no solo, na água (doce e salgada), nos objetos, na superfície externa e no interior de outros organismos, associadas por meio do parasitismo, do comensalismo, da protocooperação e do mutualismo.

- Quanto à nutrição, podem ser autótrofas ou heterótrofas. As heterótrofas constituem a maioria das espécies e obtêm alimentos por absorção (os nutrientes são absorvidos diretamente do meio onde as bactérias se encontram) ou à custa da decomposição, do comensalismo, da protocooperação, do mutualismo ou do parasitismo.

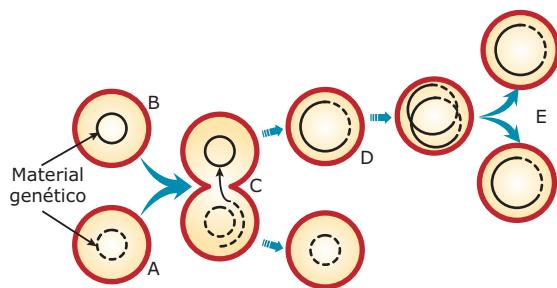
  As bactérias autótrofas sintetizam seus próprios alimentos por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese.

- As bactérias podem ser aeróbias ou anaeróbias. As espécies aeróbias só vivem em presença de O_2 e realizam a cadeia respiratória na membrana plasmática. As espécies anaeróbias podem ser estritas ou facultativas. As anaeróbias estritas só conseguem sobreviver na ausência de O_2; as anaeróbias facultativas, embora cresçam melhor em presença de oxigênio livre, também sobrevivem na ausência de O_2. O comportamento das anaeróbias facultativas se deve ao chamado "efeito Pasteur", segundo o qual a fermentação (modalidade anaeróbia de obtenção de energia) é inibida em presença de O_2. Nessas condições, bactérias que são capazes de se desenvolver tanto na presença como na ausência do O_2 crescem mais abundantemente em aerobiose pelo fato de o metabolismo respiratório aeróbio fornecer mais energia sob a forma de ATP que o metabolismo fermentativo (na fermentação, há um saldo de apenas 2 ATPs, enquanto, na respiração aeróbia, o saldo é superior a 30 ATPs / glicose).

  Muitas espécies de bactérias anaeróbias realizam fermentação para obterem energia de compostos orgânicos.

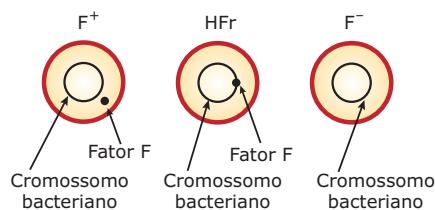
- Algumas bactérias, como as do gênero *Bacillus* e *Clostridium*, são capazes de produzir células altamente resistentes a determinados agentes químicos e condições ambientais desfavoráveis. Essas formas de resistência são denominadas **esporos**.

  Os esporos bacterianos são muito mais resistentes que as formas vegetativas das bactérias e não constituem um meio de multiplicação, mas sim de sobrevivência da espécie. Portanto, não são unidades reprodutivas, mas formas de defesa (resistência). Quando as condições ambientais se tornam novamente favoráveis, os esporos germinam e, assim, a bactéria assume novamente a sua forma vegetativa.

REPRODUÇÃO DAS BACTÉRIAS

As bactérias se reproduzem assexuadamente por fissão ou cissiparidade, formando um septo que se dirige da superfície para o interior da célula, dividindo-a em duas células-filhas. A fissão é precedida pela duplicação do DNA que constitui o cromossomo bacteriano, recebendo cada célula-filha uma cópia do cromossomo da célula-mãe.

***Reprodução da bactéria por fissão – 1**. Bactéria-mãe; **2**. Duplicação do cromossomo bacteriano; **3**. Separação dos cromossomos; **4**. Formação da parede (septo) de separação; **5**. Separação das duas bactérias-filhas.*

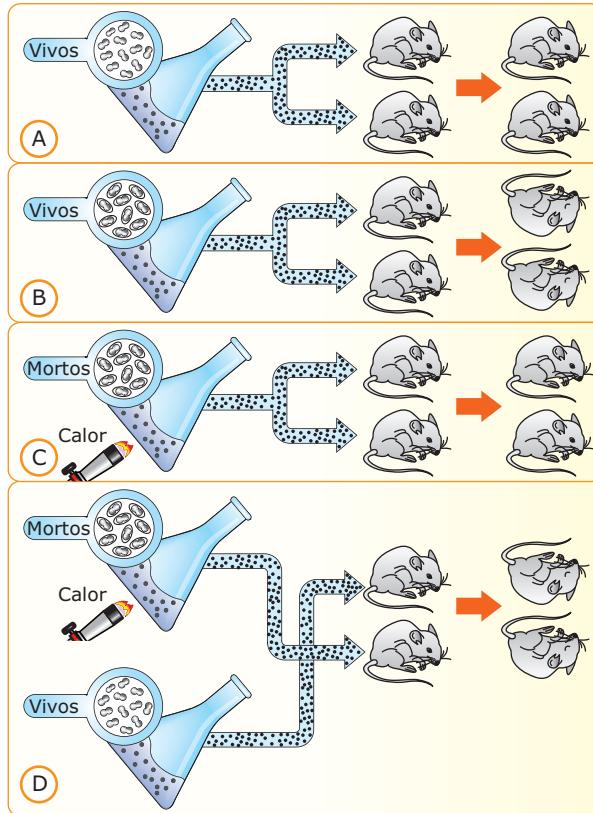
Antes da ocorrência da duplicação do material genético e da divisão da célula, poderá ocorrer, em alguns casos, a transferência e o recebimento de material genético de uma bactéria para outra.

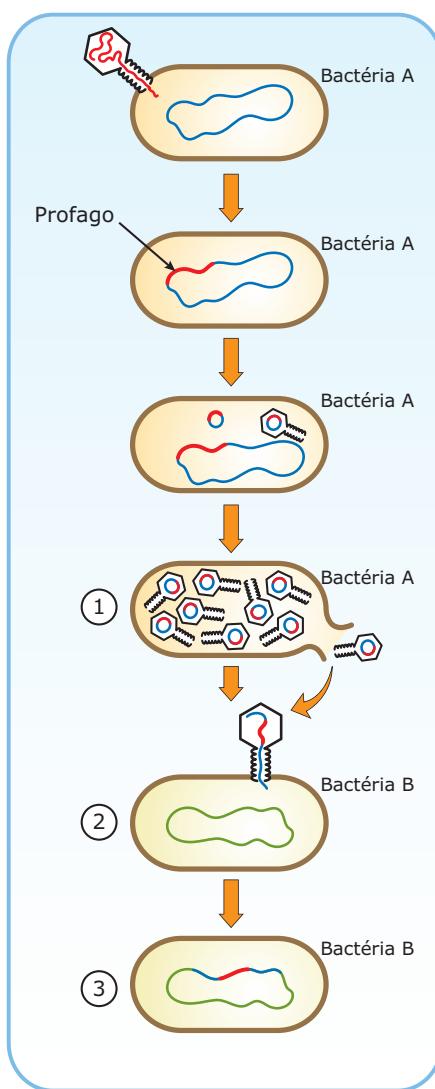
A transferência de DNA de uma bactéria para outra pode ser feita por meio de três processos: conjugação, transformação e transdução.

- **Conjugação bacteriana** – Duas bactérias, geneticamente diferentes, aproximam-se e se unem, temporariamente, por meio de uma ponte citoplasmática, denominada ponte de conjugação. Em uma das bactérias, denominada "doadora" ou "bactéria macho", ocorre duplicação de parte do seu material genético, que, por meio da ponte citoplasmática, passa para a outra bactéria ("bactéria receptora" ou "bactéria fêmea"). Após essa transferência de material genético de uma célula para outra, a ponte citoplasmática se desfaz, as bactérias separam-se, e, no interior da "bactéria receptora", ocorre uma recombinação gênica, o que faz com que sua constituição genética se torne diferente das duas células iniciais. Essa "bactéria recombinante", ao se dividir por cissiparidade, dará origem a bactérias-filhas iguais a ela, isto é, portadoras de material genético recombinado.

***Conjugação bacteriana** – **A**. bactéria doadora; **B**. bactéria receptora; **C**. união das bactérias através de uma ponte citoplasmática e passagem do material genético de uma célula para outra; **D**. bactéria recombinante; **E**. cissiparidade da bactéria recombinante com formação de bactérias-filhas, também recombinantes.*

O que determina, numa conjugação bacteriana, qual das bactérias conjugantes será a doadora e qual será a receptora é o próprio material genético da célula. As que atuam como doadoras possuem um gene chamado de fator de fertilidade ou fator F, que pode estar localizado num plasmídeo ou incorporado ao cromossomo bacteriano.

As bactérias que possuem o fator F num plasmídeo são chamadas de **F⁺**, e as que o apresentam incorporado ao cromossomo são ditas **HFr** (*high frequency of recombination* = alta frequência de recombinação). As bactérias que não possuem o fator F são chamadas de **F⁻**.

*As bactérias **F⁺** e **HFr** comportam-se como **doadoras**. As bactérias **F⁻** comportam-se como **receptoras**.*

- **Transformação bacteriana** – Trata-se de um fenômeno em que bactérias vivas absorvem e incorporam material genético (DNA) de bactérias mortas em desintegração no meio ambiente.

Um bom exemplo de transformação bacteriana foi observado com a experiência de Griffith, em 1928.

Em seus experimentos, Griffith trabalhou com duas variedades de *Diplococcus pneumoniae* (pneumococos): capsulados e acapsulados. Os capsulados são patogênicos, causando pneumonia e morte em animais; os acapsulados não são patogênicos (não causam pneumonia).

A experiência de Griffith está esquematizada a seguir:

***Experiência de Griffith – A**. Griffith injetou pneumococos acapsulados vivos em camundongos e verificou que os animais não adquiriram pneumonia e permaneceram vivos. **B**. Griffith injetou pneumococos capsulados vivos em camundongos e verificou que os animais adquiriram pneumonia e morreram. No sangue dos animais mortos, foram encontrados pneumococos capsulados vivos. **C**. Griffith injetou pneumococos capsulados mortos pelo calor em camundongos e verificou que os animais não adquiriram pneumonia e permaneceram vivos. **D**. Griffith injetou uma mistura de pneumococos capsulados mortos pelo calor com acapsulados vivos e verificou a morte dos animais por pneumonia. O exame do sangue dos animais mortos revelou a presença de pneumococos capsulados vivos. Como explicar isso? Em 1944, Avery, Macleod e McCarty descobriram que o material genético (DNA) das bactérias mortas pode ser absorvido pelas bactérias vivas e incorporado ao DNA destas, originando bactérias vivas com constituição genética diferente. Assim, no experimento de Griffith, os pneumococos acapsulados vivos absorveram o material genético dos capsulados mortos e, com isso, adquiriram novas características: produzir cápsulas e causar pneumonia em camundongos. Essas novas características passam a ser transmitidas às bactérias-filhas, quando da reprodução por cissiparidade.*

- **Transdução bacteriana** – Na transdução, o material genético de uma bactéria é transmitido a outra por meio da ação de um vírus bacteriófago (fago).

***Transdução – 1**. Fagos libertando-se de uma bactéria morta (Bactéria A); um deles transporta, além do seu material genético (DNA viral), um segmento do DNA da bactéria A. **2**. O fago injeta o seu DNA e o segmento do DNA bacteriano em uma outra bactéria (bactéria B). **3**. O segmento do DNA da bactéria A, assim como o DNA-viral, incorpora-se ao cromossomo da bactéria B e passa a agir como um gene dessa bactéria, podendo, assim, determinar uma nova característica genética na mesma.*

OBSERVAÇÃO

Alguns autores consideram que nos casos em que há transferência de material genético de uma bactéria para outra (conjugação, transformação e transdução), o processo de reprodução bacteriana deve ser sexuado, uma vez que resulta em variabilidade genética.

UTILIDADES E NOCIVIDADES DAS BACTÉRIAS

No grupo das bactérias, encontram-se espécies úteis e espécies nocivas.

Entre as espécies úteis, destacamos aquelas que

- atuam como decompositores e as que participam das diferentes etapas do ciclo do nitrogênio. Essas espécies têm uma importância ecológica muito grande, devido ao papel que realizam na reciclagem da matéria na natureza e na fertilização do solo. Lembre-se de que a atividade dos decompositores é essencial à manutenção da vida na Terra, pois esta depende da contínua reciclagem de elementos químicos entre os componentes bióticos e abióticos da natureza.
- são utilizadas na elaboração de diversos produtos devido a certos tipos de fermentações que realizam, por exemplo:

  1. Produção de vinagre: utiliza bactérias do gênero *Acetobacter*. Tais bactérias são capazes de produzir o ácido acético por meio da fermentação acética (que converte a glicose em ácido acético).

  2. Produção de coalhadas, iogurte, queijos e requeijões pelas indústrias de derivados do leite: utilizam principalmente bactérias do gênero *Lactobacillus*, que realizam a fermentação láctica, produzindo ácido láctico.
- são utilizadas pela indústria farmacêutica para a produção de certos tipos de antibióticos e vitaminas. Na indústria farmacêutica, bactérias do gênero *Bacillus* fornecem certos antibióticos, como a tirotricina e a bacitracina; já o antibiótico neomicina é produzido por bactérias do gênero *Streptomyces*.
- fazem parte da nossa flora intestinal normal (microbiota intestinal), fornecendo ao nosso organismo algumas vitaminas do complexo B (ácido fólico, ácido pantotênico, biotina e outros) e a vitamina K, o que nos torna menos dependentes da presença dessas vitaminas nos alimentos.
- são utilizadas no "controle biológico" para combater espécies nocivas. Um exemplo é o *Bacillus thuringiensis*, que infecta a larva de certos insetos prejudiciais à agricultura.
- são utilizadas pela Engenharia Genética na produção de substâncias de interesse comercial. A tecnologia da Engenharia Genética tem permitido modificar geneticamente certas bactérias, programando-as para produzir certos tipos de substâncias, como hormônio do crescimento e insulina humanos.

As espécies nocivas são responsáveis por doenças, algumas graves, que acometem o homem e outros animais. No quadro a seguir, estão os nomes de algumas bacterioses (doenças de etiologia bacteriana) que acometem a nossa espécie:

Bacterioses	
Blenorragia (Gonorreia)	Leptospirose
Botulismo	Meningite meningocócica
Brucelose	Peste bubônica
Coqueluche	Pneumonia
Cólera	Psitacose (Ornitose)
Difteria (Crupe)	Sífilis
Disenteria bacteriana	Tétano
Febre maculosa	Tifo
Febre tifoide	Tracoma
Lepra (Hanseníase)	Tuberculose

Posteriormente, faremos um estudo resumido dessas doenças.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) Assinale a afirmativa **ERRADA**.

A) Algumas bactérias são parasitas.
B) Algumas bactérias são úteis ao homem.
C) Todas as bactérias possuem núcleo individualizado.
D) Todas as bactérias são unicelulares.
E) Algumas bactérias possuem uma camada gelatinosa ao redor da parede celular.

02. (PUC RS) Existem bactérias que apresentam um interessante modo de nutrição, obtendo a energia necessária para a síntese de certos produtos mediante a oxidação de substâncias inorgânicas.

Essas bactérias são particularmente chamadas

A) patogênicas.
B) oxibióticas.
C) quimiossintetizantes.
D) apatogênicas.
E) fotossintetizantes.

03. (UFMG) Nos itens seguintes, estão caracterizadas conjugação, transformação e transdução, em bactérias:

I. Depende de um vírus para efetuar-se.
II. Ocorre quando há passagem de material através de ponte citoplasmática.
III. Ocorre por meio de absorção de ácido nucleico livre no meio.
IV. Depende da formação de isogametas.

Que alternativa apresenta a correspondência **CORRETA**?

	Conjugação	Transformação	Transdução
A)	I	III	IV
B)	III	II	I
C)	II	III	I
D)	IV	I	III
E)	II	IV	III

04. (Mackenzie-SP) Em relação à morfologia, as bactérias com as formas esféricas, de bastão, em cacho de uva e em colar denominam-se, respectivamente,

A) cocos, bacilos, estafilococos e estreptococos.
B) bacilos, cocos, estafilococos e estreptococos.
C) cocos, bacilos, estreptococos e estafilococos.
D) bacilos, cocos, estreptococos e estafilococos.
E) estreptococos, estafilococos, bacilos e cocos.

05. (UFPB) A seguir, estão listadas características de três diferentes grupos de arqueobactérias ou arqueas: termófilas extremas (ou termoacidófilas), halófitas extremas e metanogênicas.

I. São anaeróbias estritas e importantes decompositoras de matéria orgânica, sendo comuns em áreas pantanosas desprovidas de oxigênio.
II. São encontradas em estações de tratamento de lixo e no aparelho digestório de cupins e herbívoros.
III. Ocorrem em lagoas rasas de evaporação, formadas por água do mar, nas quais se obtém o sal de cozinha.
IV. Obtêm energia da oxidação do enxofre, sendo quimiossintetizantes, e ocorrem em fontes termais ou fendas vulcânicas, localizadas nas profundezas oceânicas.

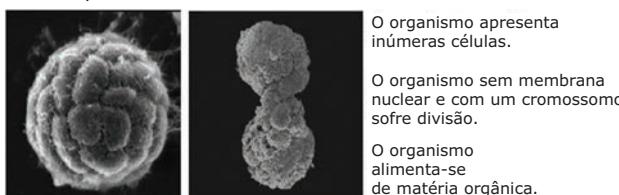
A correspondência entre as características descritas e os três grupos de arqueobactérias está **CORRETAMENTE** apresentada em

	Termófilas extremas	Halófitas extremas	Metanogênicas
A)	IV	II	I e III
B)	I e II	III	IV
C)	IV	III	I e II
D)	IV	II e III	I
E)	II e III	IV	I

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFC) Analise o texto a seguir:

Nas bactérias, o material genético está organizado em uma fita contínua de _________ que fica localizado em uma área chamada de ___________. A reprodução das bactérias se dá principalmente por ___________, que produz _____________.

Assinale a alternativa que completa **CORRETAMENTE** o texto:

A) cromossomos – nucleossomo – brotamento – duas células-filhas idênticas.
B) DNA – nucleossomo – reprodução sexuada – uma célula-filha idêntica à mãe.
C) plasmídeo – nucleoide – conjugação – várias células-filhas diferentes entre si.
D) DNA – nucleoide – fissão binária – duas células-filhas idênticas.
E) RNA – núcleo – reprodução sexuada – duas células-filhas diferentes.

02. (FUVEST-SP) Um biólogo está analisando a reprodução de uma população de bactérias, que se iniciou com 100 indivíduos. Admite-se que a taxa de mortalidade das bactérias é nula. Os resultados obtidos, na primeira hora, são

Tempo decorrido (minutos)	Número de bactérias
0	100
20	200
40	400
60	800

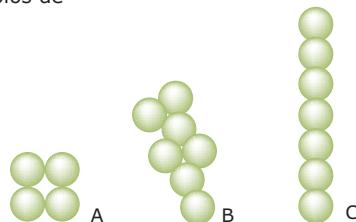
Supondo-se que as condições de reprodução continuem válidas nas horas que se seguem, após 4 horas do início do experimento, a população de bactérias será de

A) 51 200.
B) 102 400.
C) 409 600.
D) 819 200.
E) 1 638 400.

03. (UFMG) Analise estas figuras, em que estão representadas fases da vida de um organismo encontrado em lagoas hipersalinas:

O organismo apresenta inúmeras células.

O organismo sem membrana nuclear e com um cromossomo sofre divisão.

O organismo alimenta-se de matéria orgânica.

Journal of Structural Biology, 145, mar. 2004.

Esse organismo é uma bactéria que, surpreendentemente, apresenta uma característica não usual ao grupo a que pertence.

É **CORRETO** afirmar que tal característica consiste no fato de essa bactéria

A) ter número haploide de cromossomos.
B) alimentar-se de forma heterotrófica.
C) ser um organismo multicelular.
D) possuir DNA disperso no citoplasma.

04. (PUC RS) A figura a seguir representa agrupamentos de cocos que, de acordo com a sequência de letras, são exemplos de

A) tétrades – estafilococos – estreptococos.
B) pneumococos – estafilococos – tétrades.
C) sarcinas – estreptococos – tétrades.
D) estreptococos – espirilos – vibriões.
E) estreptococos – sarcinas – espirilos.

05. (PUC Minas) Leia as afirmativas a seguir, referentes às bactérias.

I. As bactérias fotossintetizantes se utilizam de cloroplastos para realizar a síntese de substâncias orgânicas.
II. As bactérias aeróbicas têm as enzimas respiratórias atuando no seu citoplasma ou associadas à sua membrana celular.
III. O material genético encontra-se envolvido por unidade de membrana.

A afirmativa está **CORRETA** em

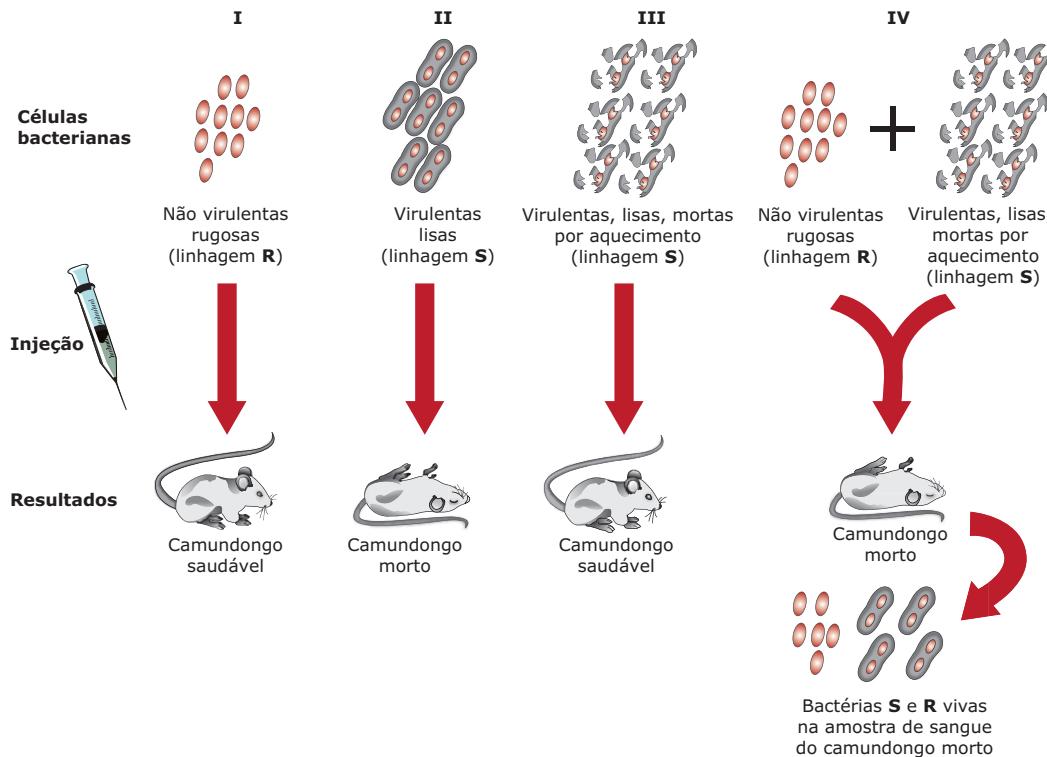
A) I, II e III.
B) I e II, apenas.
C) I e III, apenas.
D) II, apenas.
E) III, apenas.

06. (UFLA-MG–2009) As bactérias apresentam os mecanismos de transferência de genes, transformação, transdução e conjugação, que aumentam a diversidade genética. Com relação a esses processos, assinale a afirmativa **CORRETA**.

A) A transdução consiste na transferência de fragmentos de DNA diretamente de uma bactéria doadora para uma receptora.
B) A conjugação ocorre pela transferência de fragmentos de DNA de uma bactéria para outra por meio de um vírus (bacteriófago).
C) A transformação bacteriana se dá pela absorção de fragmentos de DNA que estão dispersos no ambiente, provenientes de bactérias mortas e decompostas.
D) A transdução é um processo em que o material genético é transferido através de um canal que conecta duas bactérias denominado "pelo sexual" ou pili.

07. (UFPI) Além do DNA cromossômico, algumas bactérias podem apresentar pequenos círculos de DNA, de grande importância para a Engenharia Genética. Essas estruturas são conhecidas como

A) nucleoides.
B) genomas.
C) plasmídeos.
D) mesossomos.
E) capsômeros.

08. (UFMG) A *Escherichia coli*, usualmente encontrada no trato intestinal dos seres humanos, é uma das bactérias mais estudadas. A característica que permite classificá-la como procarioto é

A) ausência de membrana nuclear e mitocôndrias.
B) presença de apenas um cromossoma, com DNA associado a proteínas.
C) presença de ribossomas, estruturas envolvidas na síntese proteica.
D) nutrição heterotrófica.
E) organização unicelular microscópica.

09. (UFRJ) Numere a segunda coluna de acordo com a primeira e depois assinale a alternativa que contenha a sequência **CORRETA.**

Coluna I	Coluna II
(1) bacilos	( ) cocos em grupos densos
(2) estreptococos	( ) cocos em grupos aproximadamente cúbicos
(3) estafilococos	( ) cocos em fileira
(4) tétrades	( ) filamentos helicoidais
(5) sarcina	( ) bastonete reto em geral de 1 a 15 μm
(6) espirilo	( ) cocos em grupo de quatro

A) 3 – 2 – 5 – 6 – 1 – 4
B) 3 – 5 – 2 – 6 – 1 – 4
C) 3 – 5 – 2 – 1 – 6 – 4
D) 3 – 5 – 2 – 6 – 4 – 1
E) 3 – 5 – 1 – 2 – 4 – 6

10. (PUC RS/Adaptado) São feitas as seguintes afirmativas sobre caracteres gerais das bactérias:

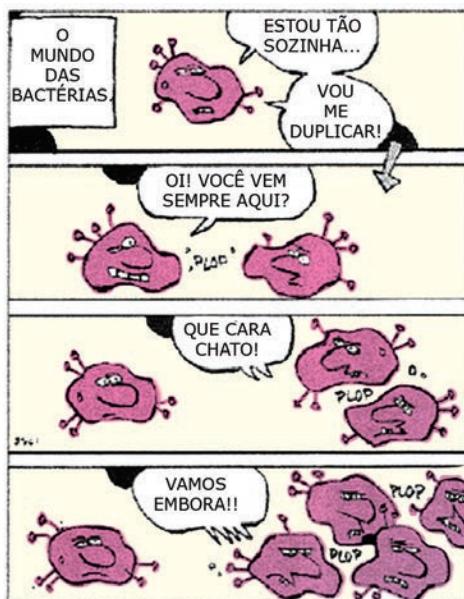
1. São consideradas seres de estrutura celular procariótica porque não apresentam ribossomos.
2. Por ocasião da reprodução sexuada, formam gametas sempre uniflagelados.
3. Os cocos podem formar agrupamentos com aspecto de cacho de uvas, sendo então chamados estafilococos.
4. A maioria das bactérias não apresenta uma parede celular.
5. O processo de conjugação é um dos meios que as bactérias utilizam para passar material genético de uma para outra.
6. Todas são capazes de fixar diretamente o nitrogênio do ar atmosférico.
7. Nas bactérias patogênicas, o retículo endoplasmático rugoso é muito desenvolvido.

Estão **CORRETAS** apenas as afirmativas que constam da alternativa

A) 2 e 4.
B) 3 e 5.
C) 1 e 7.
D) 4 e 6.
E) 2 e 7.

11. (UFMG–2009) Em 1928, Griffith realizou uma série de experimentos com a bactéria *Streptococcus pneumoniae*, causadora da pneumonia no homem. Analise estes esquemas referentes aos experimentos de Griffith:

1. A partir dessa análise e considerando outros conhecimentos sobre o assunto,
   A) **EXPLIQUE**, do ponto de vista biológico, por que foi possível recuperar bactérias do tipo S vivas no camundongo, na etapa IV.
   B) **IDENTIFIQUE** a etapa – I, II, III ou IV – utilizada para a produção de vacinas. **JUSTIFIQUE** sua resposta.
2. **ARGUMENTE** a favor da importância das bactérias para
   A) a saúde humana.
   B) o meio ambiente.

12. (UFMG) Observe o esquema de uma bactéria.

A) **CITE** duas características do esquema que permitem classificá-lo como uma célula procariota.

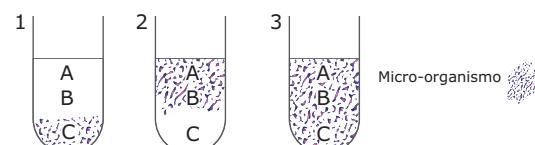
B) **CITE** a organela da célula eucariota que executa a mesma função desempenhada, no esquema, pela membrana plasmática.

C) **CITE** a função da estrutura indicada pela seta do esquema.

D) **DESCREVA** um dos processos naturais que permitiriam a transferência de material genético dessa célula para outra preexistente.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2007)

GONSALES, Fernando. *Vá pentear macaco!* São Paulo: Devir, 2004.

São características do tipo de reprodução representado na tirinha

A) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.

B) rapidez, simplicidade e semelhança genética.

C) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.

D) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.

E) clonagem, gemulação e partenogênese.

02. As bactérias podem ser classificadas em três grupos distintos, conforme o seu comportamento em relação ao O_2 livre. São eles:

1. Aeróbias – as que só crescem em presença de O_2.
2. Anaeróbias estritas – as que só crescem na ausência de O_2.
3. Anaeróbias facultativas – as que, embora cresçam melhor em aerobiose, também o fazem em anaerobiose.

Em um experimento, quantidades iguais de um mesmo meio de cultura foram colocadas em três tubos de ensaio. Após certo tempo verificou-se o desenvolvimento de bactérias no meio de cultura dos referidos tubos, conforme representado nas figuras a seguir.

A análise revelou que em cada tubo houve o desenvolvimento e multiplicação de uma espécie diferente de micro-organismo.

Considerando que a disponibilidade de oxigênio livre (O_2) no meio de cultura em questão diminui progressivamente da região A para a região C, onde a concentração desse gás é nula, as espécies de micro-organismo que se desenvolveram nos tubos 1, 2 e 3 são, respectivamente,

A) aeróbias, anaeróbias estritas e anaeróbias facultativas.

B) aeróbias, anaeróbias facultativas e anaeróbias estritas.

C) anaeróbias facultativas, anaeróbias estritas e aeróbias.

D) anaeróbias estritas, anaeróbias facultativas e aeróbias.

E) anaeróbias estritas, aeróbias e anaeróbias facultativas.

03. (Enem–2010) O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene, representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória da córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico.

De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA. F. Lente de contato e infecção ocular. Revista Sinopse de Oftalmologia. São Paulo: Moreira Jr., v, n.04, 04. 2002 (Adaptação).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses micro-organismos, tais como:

A) A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses micro-organismos para a obtenção de energia.

B) A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.

C) A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses micro-organismos obterem matéria-prima e energia.

D) O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses micro-organismos.

E) O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

GABARITO

Fixação

01. C

02. C

03. C

04. A

05. C

Propostos

01. D

02. C

03. C

04. A

05. D

06. C

07. C

08. A

09. B

10. B

11. 1. A) Transferência do gene que condiciona a cápsula por transformação bacteriana.

 B) Etapa **III**. Utilização do agente infeccioso morto.

 2. A) Opção de resposta 1: A partir de bactérias transgênicas, produção de vacinas, medicamentos e hormônios.

 Opção de resposta 2: Manutenção da microbiota intestinal.

 B) Opção de resposta 1: A utilização de bactérias para biorremediação com tratamento de ambientes degradados.

 Opção de resposta 2: Bactérias simbiontes em raízes de leguminosas na fixação de N_2 atmosférico.

12. A) Verifica-se ausência de carioteca, ausência de organelas citoplasmáticas membranosas e ocorrência da cadeia respiratória na membrana plasmática.

 B) A organela é a mitocôndria.

 C) A estrutura é responsável pela síntese de proteínas.

 D) No processo de conjugação, o material genético passa de uma bactéria para outra por meio de uma ponte citoplasmática; na transformação, bactérias vivas incorporam material genético originário de bactérias que se encontram em desintegração no meio, e na transdução, o material genético é levado de uma bactéria para outra por meio de um vírus (bacteriófago).

Seção Enem

01. B 02. E 03. E

BIOLOGIA

MÓDULO 01 FRENTE D

Genética: código genético

As características presentes em um ser vivo podem ser agrupadas em duas categorias: adquiridas e hereditárias.

- **Características adquiridas** – São aquelas que resultam da ação de agentes do meio ambiente. Uma cicatriz surgida em consequência de um ferimento, a ausência de determinada parte do corpo perdida num acidente (um braço, por exemplo) ou a atrofia dos músculos da perna em consequência de uma doença infecciosa (poliomielite, por exemplo) são alguns exemplos de características adquiridas.
- **Características hereditárias** – São aquelas determinadas por unidades denominadas **gens** ou **genes** (do grego *genos*, originar) encontradas normalmente nos cromossomos das células. Tais características são herdadas dos ancestrais e transmitidas aos descendentes por meio da reprodução, isto é, são geneticamente transmissíveis de geração para geração. A cor dos nossos olhos e o tipo de sangue que possuímos são exemplos de características hereditárias. Às vezes, uma característica adquirida pode ser muito semelhante a uma característica hereditária. Nesse caso, diz-se que aquela é uma **fenocópia** da característica hereditária. Por exemplo: a surdez provocada por uma infecção (sarampo, por exemplo) é uma fenocópia da surdez condicionada por genes que causam má-formação do aparelho auditivo.

As características que um indivíduo já apresenta ao nascer são chamadas de **congênitas** e podem ser hereditárias ou adquiridas. As más-formações que uma criança apresenta ao nascer pelo fato de ter sido infectada na vida intrauterina pelo vírus da rubéola são exemplos de características congênitas adquiridas, ou seja, são características que não foram determinadas por genes, e sim causadas por uma infecção viral que passou, através da placenta, da mãe para o feto, acometendo a criança antes do seu nascimento. Por outro lado, nem toda característica hereditária é congênita. Por exemplo: certas doenças hereditárias, como a doença de Huntington, manifestam-se somente a partir de determinada fase da vida, sendo o indivíduo perfeitamente normal ao nascer.

A **genética** tem por objetivo o estudo das características hereditárias em todos os seus aspectos, tais como fatores determinantes, fatores que influenciam e modo de transmissão.

O verdadeiro conhecimento de como as características hereditárias são transmitidas teve sua origem nos trabalhos do monge austríaco Gregor Mendel. Na segunda metade do século XIX, realizando cruzamentos entre plantas, em especial ervilhas, e observando as características dos parentais (pais) e descendentes, por várias gerações, Mendel postulou a existência, no interior das células, de partículas ou fatores que seriam os responsáveis pela determinação das características hereditárias. Segundo Mendel, as características seriam determinadas por pares de fatores hereditários. Na gametogênese (formação dos gametas), esses pares de fatores se separavam, de modo que cada gameta ficaria com apenas um fator relativo a cada característica. Mendel, entretanto, não soube explicar que fatores eram esses, de que eram formados e onde estariam localizados dentro das células. Assim, quando seus trabalhos foram publicados, em 1866, a comunidade científica não deu a eles o devido reconhecimento. Somente alguns anos mais tarde, por volta de 1900, quando Mendel já havia morrido, três cientistas, o holandês Hugo de Vries, o alemão Carl Correns e o austríaco Eric von Tschermack, realizando novos experimentos e trabalhando independentemente, reconheceram e confirmaram as ideias de Mendel, que, então, passou a ser considerado o "pai da genética atual".

Os avanços alcançados pela citologia no início do século XX, como a observação dos cromossomos e outras estruturas celulares, assim como a descrição dos processos de divisão celular (mitose e meiose), muito contribuíram para a elaboração da teoria cromossômica da herança, proposta em 1910 por Morgan e seus colaboradores. Segundo essa teoria, os fatores hereditários de Mendel, agora denominados genes, estão localizados nos cromossomos.

Em 1944, Avery, MacLeod e McCarthy, após a realização de vários experimentos, chegaram à conclusão de que o material genético, isto é, os genes são constituídos de DNA (ácido desoxirribonucleico).

Na década de 1960, os cientistas descobriram que as informações sobre as características hereditárias encontram-se codificadas nos genes. Estava então descoberto o famoso **código genético**.

A informação codificada em um gene refere-se à estrutura primária (sequência de aminoácidos) de um polipeptídeo. Esse polipeptídeo, que pode ser uma proteína estrutural ou uma proteína catalisadora (enzima), é o responsável pela manifestação da característica. Assim, um gene exerce sua ação por meio do polipeptídeo por ele codificado.

O CÓDIGO GENÉTICO

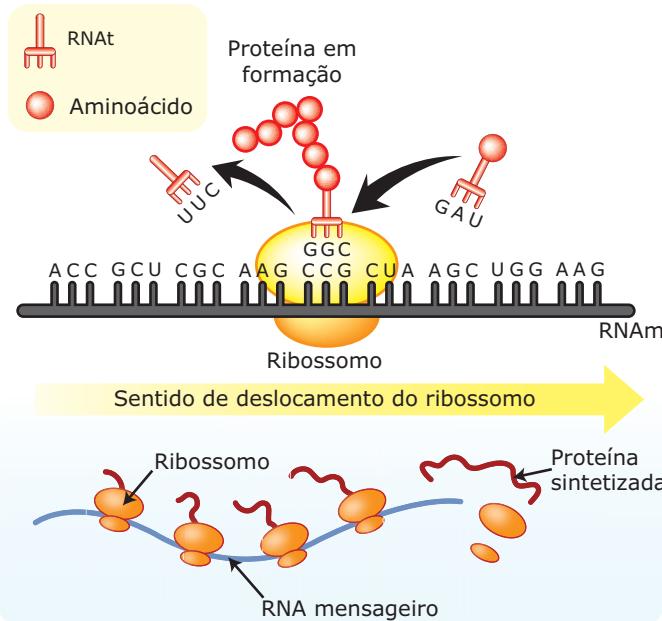
Um gene é um segmento de DNA que contém, na sequência de suas bases nitrogenadas, uma informação codificada a respeito da estrutura primária de uma determinada proteína ou polipeptídeo. Em uma única molécula de DNA, existem vários genes.

O gene contém, na sequência das bases nitrogenadas de seus nucleotídeos, as informações de como deverá ser a estrutura primária da proteína a ser fabricada, ou seja, quais serão os seus aminoácidos e em que sequência deverão ser ligados. Essas informações estão "codificadas": cada sequência de três bases nitrogenadas consecutivas, isto é, cada tríade, trinca, terceto ou *triplet* de bases significa, nesse "código", uma determinada informação. Existem tríades que codificam um determinado tipo de aminoácido e tríades que codificam o término da síntese do polipeptídeo. Esse código existente no DNA das células e também de muitos vírus ficou conhecido por "código genético", e sua decifração já foi feita pelo homem. Veja os exemplos a seguir.

Tríades de bases nitrogenadas do DNA	Tradução da informação codificada
TAC	Aminoácido metionina (Met) e início da síntese
AAA	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	Aminoácido valina (Val)
CTT	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)
CCG	Aminoácido glicina (Gly)
CCT	Aminoácido glicina (Gly)
AGG	Aminoácido serina (Ser)
ATT	Término da síntese
ATC	Término da síntese

Observe, nos exemplos apresentados anteriomente, que uma mesma informação pode ser codificada por diferentes tríades (aminoácido glicina, por exemplo). Por isso, diz-se que o código genético é degenerado. Nesse código, existem três tríades (ATT, ATC e ACT) que são traduzidas como se fossem um "ponto final", determinando o término ou a parada da síntese polipeptídica. Observe também que a tríade TAC, além de codificar o aminoácido metionina, determina também o início da síntese, sendo, por isso, conhecida por tríade de iniciação. Admitindo-se, por exemplo, que um segmento de DNA tem a seguinte sequência de bases: AAA CAA AGG AAA CCG..., nesse segmento, está codificada a seguinte sequência de aminoácidos: Phe – Val – Ser – Phe – Gly.

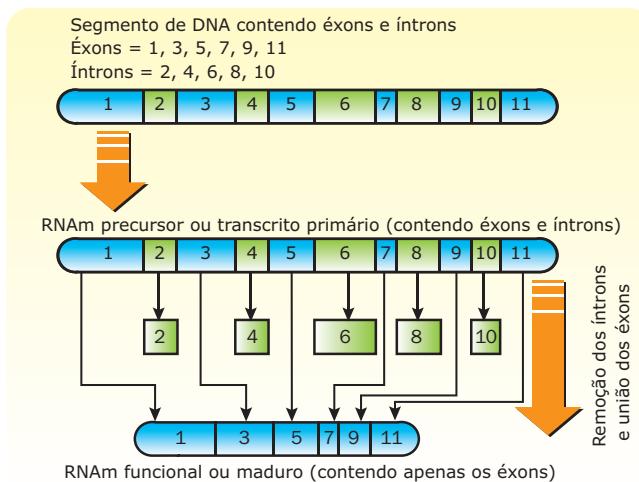
O código genético é universal, ou seja, é o mesmo em qualquer espécie de ser vivo. Assim, a tríade AAA no DNA de qualquer espécie de ser vivo codifica a mesma informação: aminoácido fenilalanina.

Quando um determinado gene entra em atividade numa célula, ocorre primeiramente o fenômeno da transcrição, isto é, a informação codificada no gene é repassada para o RNAm (RNA mensageiro). Cada trinca de bases do RNAm transcrita do gene recebe o nome de códon. Veja a seguir alguns exemplos de transcrição.

Tríades de bases nitrogenadas do DNA	Códons correspondentes no RNAm	Tradução da informação codificada
TAC	AUG	Aminoácido metionina (Met)
AAA	UUU	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	GUU	Aminoácido valina (Val)
CTT	GAA	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)
CCG	GGC	Aminoácido glicina (Gly)
CCT	GGA	Aminoácido glicina (Gly)
AGG	UCC	Aminoácido serina (Ser)
ATT	UAA	Término da síntese
ATC	UAG	Término da síntese

Observe que cada códon do RNAm codifica a mesma informação da tríade do DNA da qual foi transcrito.

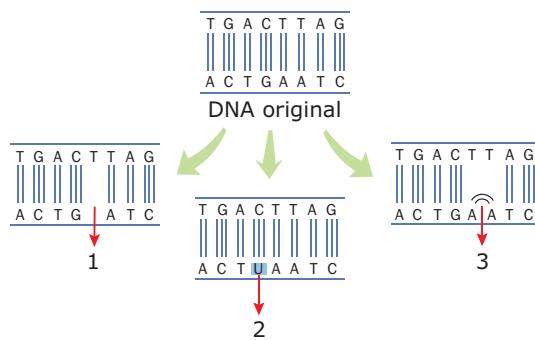
O RNAm transcrito do gene (segmento de DNA) liga-se ao ribossomo, estrutura celular formada de **RNAr** (RNA ribossômico) e proteínas, o qual tem a função de unir os aminoácidos, segundo a sequência estabelecida pelos códons do RNAm, para formar a cadeia polipeptídica. É bom lembrar que a matéria-prima utilizada na formação das proteínas, isto é, os aminoácidos, encontra-se dispersa no interior da célula. Assim, é necessário que ela seja trazida para o local da síntese proteica, ou seja, para o local onde se encontra o ribossomo ligado ao

RNAm, e isso é feito por moléculas de RNAt (RNA transportador). Cada molécula de aminoácido é transportada por um RNAt. Assim, a síntese de uma proteína é feita com a participação de diversas moléculas de RNAt. Cada molécula de RNAt, trazendo um respectivo aminoácido, liga-se a um códon específico do RNAm. Isso é feito por meio de ligação de hidrogênio entre as bases nitrogenadas desses dois tipos de RNA (RNAm e RNAt), obedecendo ao seguinte pareamento: A (adenina) com U (uracil) e G (guanina) com C (citosina). As tríades do RNAt que se ligam aos códons do RNAm são chamadas de **anticódons**. Assim, cada molécula de RNAt transporta um determinado tipo de aminoácido e tem o seu anticódon. O anticódon determina qual tipo de aminoácido será transportado pelo RNAt, que deverá ser o mesmo tipo de aminoácido codificado pelo códon do RNAm ao qual ele se liga. Veja a tabela e o exemplo a seguir.

Tríades no segmento de DNA usado para fabricar RNAm	Códon correspondente no RNAm	Anticódons correspondentes nos RNAt	Informação traduzida
AAA	UUU	AAA	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	GUU	CAA	Aminoácido valina (Val)
CTT	GAA	CUU	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)

Síntese de proteínas *– Com os aminoácidos trazidos pelos RNAt, o ribossomo vai fazendo a decodificação da mensagem que está no RNAm, traduzindo os seus códons e unindo os aminoácidos de acordo com a sequência estabelecida por eles. Com o término da tradução, tem-se, então, a formação de uma determinada cadeia polipeptídica, que será responsável pela manifestação de uma característica genética.*

Resumidamente, pode-se dizer que um gene (segmento de DNA), ao entrar em atividade numa célula, irá proporcionar a síntese de uma determinada cadeia polipeptídica que será, então, responsável pela manifestação de uma determinada característica genética.

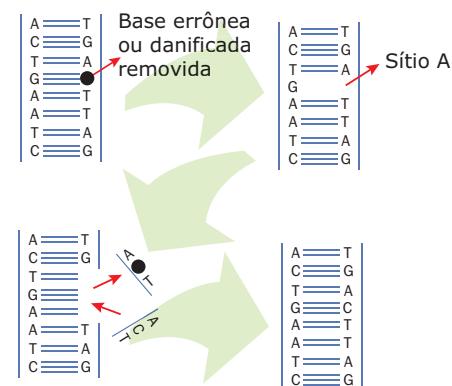
Pelo que se viu, em termos moleculares, um gene pode ser definido como sendo uma sequência de nucleotídeos do DNA que é expressa em um produto funcional, ou seja, em uma molécula de RNA ou em uma cadeia polipeptídica.

O genoma (conjunto de todos os genes) das células dos eucariontes, no entanto, possui uma grande quantidade de sequências de DNA que não são convertidas em produtos funcionais, ou seja, não são traduzidas. Muitas dessas sequências não traduzidas estão localizadas entre os genes, separando-os de seus vizinhos. Outras, no entanto, estão presentes nos próprios genes. Nesse caso, as sequências de nucleotídeos que são traduzidas recebem o nome de **éxons**, enquanto as sequências não traduzidas são denominadas **íntrons**. Assim, quando ocorre a transcrição, todo o gene é transcrito em uma longa molécula de RNAm (RNAm precursor ou transcrito primário), que, depois, por meio de um processo denominado *splicing*, é reduzida de tamanho, devido à retirada dos íntrons, e convertida na molécula de RNAm funcional (RNAm maduro ou RNA monocistrônico), que contém apenas os éxons, conforme mostra o esquema a seguir.

Esquema de splicing *– O* splicing*, realizado com a participação de diferentes enzimas, é um processo muito complexo e preciso, uma vez que a molécula de RNAm precursora deve ser clivada (cortada) em locais exatos, e os éxons devem ser colados também de maneira exata para a formação do RNAm funcional ou maduro que se ligará ao ribossomo.*

MUTAÇÕES GÊNICAS

Mutação (do latim *mutare*, mudar) é uma modificação. Mutação gênica é, portanto, uma mudança que ocorre no material genético. Essa mudança pode ocorrer espontaneamente ou pode ser induzida por certos agentes físicos e químicos, chamados de **agentes mutagênicos**. Radiações ionizantes (que levam à formação de íons dentro da célula), tais como raios X, raios gama, radiação ultravioleta e diversas substâncias químicas (ácido nitroso, LSD, gás mostarda e muitas outras) são exemplos de agentes mutagênicos.

Essas mudanças no DNA podem ser devido à transformação de uma base nitrogenada ou à substituição de uma base nitrogenada por outra; à perda ou adição de um ou mais pares de bases nitrogenadas na molécula de DNA; e também à união de duas bases adjacentes numa mesma cadeia do DNA.

Mutações gênicas* – *1. *Mutação decorrente da perda de uma base nitrogenada em uma das fitas (cadeias) do DNA.* ***2.*** *Mutação decorrente da transformação ou da troca de uma base nitrogenada em uma das cadeias do DNA.* ***3.*** *Mutação decorrente da ligação entre duas bases nitrogenadas adjacentes numa mesma cadeia do DNA.*

A mutação que troca ou substitui uma base nitrogenada do DNA por outra nem sempre altera a informação que nele está codificada, isto é, nem sempre altera a sequência de aminoácidos na cadeia polipeptídica codificada. Lembre-se de que o código genético é degenerado, ou seja, tríades ou trincas diferentes do DNA podem codificar um mesmo tipo de aminoácido. O aminoácido glicina, por exemplo, é codificado por duas tríades distintas do DNA: CCG e CCT. Assim, se a troca da base ocorrer na tríade CCG, substituindo a última base (G) pela base T, o aminoácido codificado continuará a ser o mesmo, isto é, a glicina. Essas mutações que não alteram a estrutura primária do peptídeo sintetizado são ditas **mutações silenciosas**, que podem ser identificadas apenas pela comparação de sequência de bases entre os genes normais e mutantes. Na maioria dos casos, porém, a substituição de uma base no DNA causa alteração do aminoácido e, consequentemente, altera a estrutura primária da proteína sintetizada, o que pode provocar alterações estruturais ou metabólicas, muitas vezes, graves. Quando as mutações provocam a substituição de um aminoácido por outro, elas são ditas **mutações de perda de sentido** *(missense)*. Quando a substituição de uma base por outra produz um códon terminador, a mutação é dita **sem sentido** *(nonsense)*.

As mutações, sejam elas espontâneas ou induzidas, podem fazer surgir novas características nos indivíduos dessa população. Essas novas características poderão ser vantajosas ou desfavoráveis aos indivíduos. Quando um gene mutante determina o surgimento de alguma característica vantajosa, ele tende a ser preservado na espécie por meio da seleção natural. Entretanto, se a mutação for deletéria (desfavorável, prejudicial), seus possuidores tendem a ser naturalmente eliminados da população com o passar do tempo.

As mutações gênicas que por ventura ocorram nas células somáticas do indivíduo não são transmitidas às gerações seguintes, entretanto, se ocorrerem nas células germinativas, isto é, nas células que darão origem aos gametas (células reprodutoras), poderão ser repassadas aos descendentes.

As mutações gênicas podem ocorrer em qualquer célula, de qualquer indivíduo, de qualquer espécie de ser vivo, em qualquer momento de sua vida. Entretanto, a frequência de mutações é muito baixa, uma vez que as próprias células dispõem de alguns mecanismos para reparar essas mudanças, ou seja, mecanismos que corrigem as alterações ocorridas no DNA. Assim, se uma mutação gênica eventualmente se manifesta num organismo, provavelmente, o mecanismo de reparação sofreu uma falha.

O mecanismo de reparação das mutações gênicas que ocorre no interior das células envolve a participação de enzimas especiais, chamadas por muitos autores de **enzimas de reparo** ou **enzimas de reparação**. Essas enzimas agem cortando o segmento ou trecho defeituoso do DNA, catalisando a produção de um novo segmento normal e ligando-o à molécula de DNA. Veja a ilustração a seguir.

Mecanismo de reparo do DNA – *Uma base danificada ou erroneamente incorporada é retirada por ação de enzimas que deixam o local apurínico (sem uma purina) ou apirimidínico (sem uma pirimidina), chamado de sítio AP. Devido à ação de outras enzimas, o sítio AP e vários nucleotídeos vizinhos são retirados da molécula do DNA. A lacuna é preenchida pela síntese e pela ligação de novo segmento na posição original. O fenômeno de reparo do DNA explica a possibilidade de haver uma pequena síntese de DNA em células que não estão se preparando para a divisão.*

Em certos casos, devido à falta das enzimas reparadoras, o mecanismo de "conserto" do DNA não funciona. Um bom exemplo disso acontece na doença xeroderma pigmentar. Trata-se de uma doença bastante rara que acomete a pele, determinando uma sensibilidade exagerada da epiderme aos raios solares. A pele cobre-se de manchas de pigmento, ocorrendo, em seguida, lesões que evoluem para tumores malignos (câncer). Demonstrou-se que, nas pessoas que desenvolvem essa doença, as células são incapazes de consertar os defeitos que as radiações solares provocam em seu DNA, isto é, as células não conseguem reparar o material genético afetado.

LEITURA COMPLEMENTAR

Projeto Genoma Humano

Lançado nos Estados Unidos, em 1990, o Projeto Genoma Humano (PGH) teve por objetivo mapear o material genético humano, isto é, todos os genes existentes nos cromossomos de nossas células.

Mapear os genes significa determinar a posição que cada um ocupa em cada cromossomo, as sequências de bases nitrogenadas que possuem e com que características eles se relacionam. Isso é feito pedaço a pedaço, e as enzimas de restrição que cortam o DNA em determinados pontos são indispensáveis nesse estudo.

Pode-se comparar o genoma humano com um livro: **"o livro da vida"**, com as histórias de todas as nossas características genéticas. Nesse "livro", há 23 capítulos, que são chamados **cromossomos**. A história de cada capítulo são os **genes**. Essas histórias são escritas com um alfabeto muito pequeno, constituído por apenas 4 tipos de letras: as bases nitrogenadas **A** (Adenina), **T** (Timina), **G** (Guanina) e **C** (Citosina). Essas bases formam o chamado alfabeto genético. Nesse alfabeto, cada palavra é formada por uma sequência de três bases consecutivas. Cada sequência de três bases consecutivas é uma **tríade** ou **códon**. No código genético do DNA, existem apenas 64 tipos diferentes de códons ou trincas de bases nitrogenadas. Entre 1961 e 1964, todo esse código já havia sido decifrado pelos bioquímicos N.W. Nirenberg, J. H. Matthadei e P. Lende. Quando traduzidos ou decifrados, a maioria dos códons corresponde a um tipo de **aminoácido**, existindo apenas três códons (ATT, ATC e ACT) cuja tradução não codifica nenhum aminoácido. Essas trincas correspondem ao término da síntese proteica.

O Projeto Genoma Humano constatou a presença de, aproximadamente, 25 mil genes, que geram cerca de 400 mil proteínas. A razão para existirem mais proteínas do que genes deve-se ao fato de que nos seres eucariontes ocorre o fenômeno do *splicing* alternativo, ou seja, a partir de um mesmo trecho de DNA podem ser produzidos diferentes RNAm funcionais, dependendo dos locais onde são feitas as clivagens (cortes) no RNAm-precursor (transcrito primário) para a retirada dos íntrons e posterior união dos éxons.

Conhecer totalmente um gene não é apenas identificá-lo em um cromossomo. É preciso muito mais. É preciso decifrar a sua "história" ou a sua "mensagem", isto é, conhecer a sua sequência de bases nitrogenadas e as características com que se relaciona, ou seja, qual é o peptídeo sintetizado quando o mesmo entra em atividade.

Cientistas de diversos países participaram do Projeto Genoma. Por meio desse projeto, foram localizados, por exemplo, genes causadores de doenças hereditárias que, num futuro bem próximo, poderão ser prevenidas, tratadas ou até erradicadas através da tecnologia da Engenharia Genética.

A correção ou o tratamento dessas doenças genéticas é o que se pode chamar de **geneterapia** ou **terapia gênica**. Um dos objetivos da geneterapia é o implante gênico (implante de genes) para corrigir ou substituir o gene de uma pessoa que possa apresentar algum defeito. W. French Anderson, um dos pioneiros da geneterapia, acredita que, no futuro, uma vez diagnosticada a doença genética, o médico poderá "receitar" um pequeno segmento de DNA (correspondente a um gene normal) para inserir no paciente, a fim de substituir o gene eventualmente defeituoso ou ausente. Embora esteja ainda dando os seus primeiros passos, a geneterapia abre grandes perspectivas à medicina do século XXI. O Projeto Genoma Humano, fornecedor de todo o nosso mapa genético, é uma peça de fundamental importância para o desenvolvimento da geneterapia.

Se, por um lado, o conhecimento do mapa genético traz contribuições importantes para o desenvolvimento da geneterapia, por outro lado, cria alguns problemas éticos, sociais e jurídicos que precisam ser discutidos. Um deles, por exemplo, é a má-interpretação que as pessoas poderão ter ao saberem que são portadoras de determinados genes que as tornam mais predispostas a desenvolver certas doenças. Uma pessoa sabendo, por exemplo, que tem 10% de predisposição a ter uma certa doença cardiovascular ou 15% a desenvolver um determinado tipo de câncer pode achar que já está doente ou, então, passar a apresentar problemas psicológicos por causa dessas informações. Outro lado preocupante do mau uso dessas informações do mapa genético está relacionado com os planos de seguro de vida e saúde, que poderiam não aceitar tais pacientes, alegando sua predisposição a doenças graves.

O mau uso do mapa genético de uma pessoa também poderá criar situações que a prejudiquem em relação ao trabalho. É o que pode acontecer se os empregadores passarem a exigir o mapa genético dos candidatos aos empregos. Certamente, aqueles que tiverem genes que os predispõem a desenvolver doenças graves ou distúrbios depressivos serão automaticamente excluídos.

Como se vê, é necessário ampliar a discussão sobre esses aspectos éticos decorrentes do conhecimento do mapa genético humano. Consequentemente, será preciso criar leis e procedimentos de bioética que impeçam que o desenvolvimento da genética e tais conhecimentos venham a ser utilizados para discriminar pessoas. Só assim todo esse conhecimento poderá ser canalizado para o bem, a fim de, cada vez mais, obter-se a melhoria do padrão de vida do homem no planeta.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FEI-SP) Cientistas admitem que vários aminoácidos podem ser codificados por mais de uma trinca de nucleotídeos no mecanismo da síntese de proteínas intracelular. Tais cientistas dizem, por isso, que o código genético

A) é degenerado.
B) é o DNA e o RNA.
C) não pode ser entendido.
D) não se relaciona aos genes.
E) é exclusivo dos animais superiores.

02. (UEL-PR–2009) Considere as afirmativas a seguir sobre as propriedades do código genético.

I. Existem vinte e quatro tipos de aminoácidos, que, agrupados em diversas sequências, formam todos os tipos de proteínas que entram na composição de qualquer ser vivo.

II. O código genético é universal, pois vários aminoácidos têm mais de um códon que os codifica.

III. A perda ou a substituição de uma única base nitrogenada na molécula de DNA pode alterar um aminoácido na proteína.

IV. Nos organismos, a relação entre o número de nucleotídeos (a) de um mRNA e o número de aminoácidos da proteína formada (b) mostrou que $a/b = 3$.

Assinale a alternativa **CORRETA**

A) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
B) Somente as afirmativas II e III são corretas.
C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
D) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
E) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

03. (UFU-MG) O aminoácido leucina pode ser codificado por mais de uma trinca de nucleotídeos do DNA (AAT, GAA e outras). Assim, podemos dizer que

I. o código genético é degenerado, o que significa que um aminoácido pode ser codificado por mais de uma trinca.

II. um aminoácido pode ser codificado por apenas uma trinca de nucleotídeos de DNA.

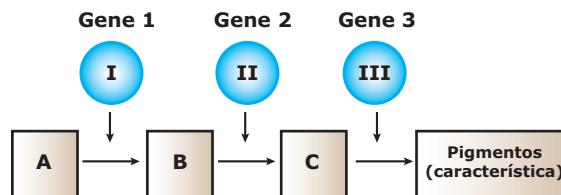
III. assim como a leucina pode ser codificada por diferentes trincas, uma determinada trinca também pode codificar diferentes aminoácidos.

Está(ão) **CORRETA**(**S**)

A) apenas III.
B) apenas II.
C) apenas I.
D) I e III.
E) nenhuma delas.

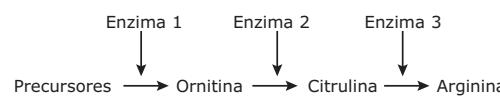
04. (UFT-TO–2009) O código genético é universal e degenerado, isto é, um mesmo códon corresponde a um mesmo aminoácido em todo e qualquer ser vivo, e diferentes códons podem corresponder a um mesmo aminoácido. Por exemplo, o códon UUU codifica a fenilalanina para os seres humanos, mosquitos, cogumelos, buritis e todos os outros seres vivos. Ao mesmo tempo, tanto o códon UUU quanto o códon UUC codificam o aminoácido fenilalanina. Com base nas informações contidas no quadro a seguir, marque a alternativa que contém o último aminoácido expresso pela seguinte sequência de DNA:

5' - TACTTCGAACGACGATATCTTACCATT – 3'

Primeira base	Segunda base				Terceira base
	U	**C**	**A**	**G**	
Uracil (U)	Fenilalanina	Serina	Tirosina	Cisteína	**U**
	Fenilalanina	Serina	Tirosina	Cisteína	**C**
	Leucina	Serina	Fim	Fim	**A**
	Leucina	Serina	Fim	Triptofano	**G**
Citosina (C)	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	**U**
	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	**C**
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	**A**
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	**G**
Adenina (A)	Isoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	**U**
	Isoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	**C**
	Isoleucina	Treonina	Lisina	Arginina	**A**
	Início / Metionina	Treonina	Lisina	Arginina	**G**
Guanina (G)	Valina	Alanina	Ác. aspártico	Glicina	**U**
	Valina	Alanina	Ác. aspártico	Glicina	**C**
	Valina	Alanina	Ác. glutâmico	Glicina	**A**
	Valina	Alanina	Ác. glutâmico	Glicina	**G**

A) Tirosina
B) Triptofano
C) Metionina
D) Lisina

05. (UFMG) O trecho CGACUG de uma molécula de RNA mensageiro é sintetizado a partir do seguinte trecho de DNA:

A) CGACUG
B) CGGTCA
C) CUGCGA
D) GUCAGG
E) GCTGAC

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMT) Observe a via metabólica esquematizada a seguir.

De acordo com a teoria "um gene – uma enzima", pode-se afirmar:

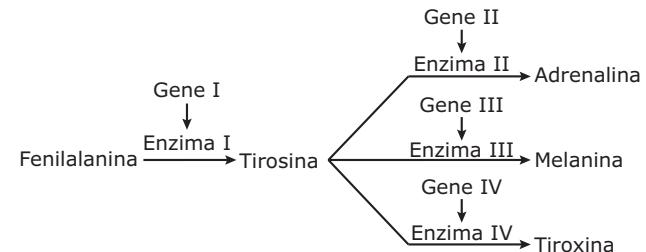
A) Na conversão A → B, não há controle genético.

B) Um indivíduo deficiente da enzima I não formará pigmentos, a menos que lhe seja fornecido o composto B.

C) As etapas de reações sob a ação de I e II provavelmente não devem ser controladas por enzimas.

D) Um indivíduo deficiente de I poderá formar pigmentos se lhe for fornecido o composto A pronto.

E) Nesse esquema, há um único gene que atua na produção de pigmentos.

02. (UFRGS-RS) Considere a rota metabólica que produz o aminoácido arginina na figura adiante:

Em um experimento, três linhagens de bactérias foram irradiadas com raios X, que causaram mutações nos genes envolvidos na rota metabólica anteriormente representada. Para descobrir quais enzimas da rota metabólica foram afetadas, as três linhagens foram cultivadas em meios suplementados com ornitina, citrulina e arginina, obtendo-se o resultado mostrado na tabela a seguir.

	Linhagens		
Meios de cultivo	**I**	**II**	**III**
com ornitina	cresceu	não cresceu	não cresceu
com citrulina	cresceu	cresceu	não cresceu
com arginina	cresceu	cresceu	cresceu

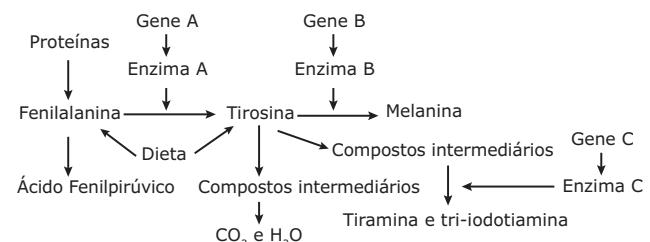
Sobre esse experimento, podemos afirmar que

A) o gene que codifica a enzima 1, na linhagem I, foi afetado.

B) o gene que codifica a enzima 2, na linhagem I, foi afetado.

C) o gene que codifica a enzima 3, na linhagem II, foi afetado.

D) o gene que codifica a enzima 1, na linhagem II, foi afetado.

E) o gene que codifica a enzima 3, na linhagem III, foi afetado.

03. (FCMSC-SP) Considere a seguinte sequência de reações:

Um indivíduo tem anomalias na pigmentação do corpo, e seu metabolismo é prejudicado pela falta de hormônio da tireoide; o funcionamento das glândulas suprarrenais, porém, é normal. De acordo com o esquema, os sintomas que apresenta se devem a alterações

A) no gene I, exclusivamente.

B) nos genes I e II.

C) nos genes I e III.

D) nos genes II e III.

E) nos genes III e IV.

04. (UFRGS-RS) Analise o esquema a seguir, que representa alguns passos do metabolismo da fenilalanina e da tirosina no homem.

São feitas, com base no esquema, quatro afirmações:

I. Uma mutação que inative o gene B originará um indivíduo albino.

II. Uma mutação que inative o gene A originará um indivíduo albino e fenilcetonúrico.

III. Uma mutação que inative o gene C originará alterações no metabolismo da tireoide.

IV. Uma dieta pobre em tirosina e rica em fenilalanina originará indivíduos com pele mais clara.

Assinale

A) se apenas IV é correta.

B) se apenas I, II e III são corretas.

C) se apenas I e III são corretas.

D) se apenas II e IV são corretas.

E) se apenas II, III e IV são corretas.

05. (UFMG) Para resolver esta questão, utilize a tabela a seguir, que relaciona diversos códons de RNA mensageiro aos aminoácidos codificados por eles.

Códons do RNAm	Aminoácidos
AAA	Lisina
AAG	Lisina
AGG	Arginina
AUA	Isoleucina
AUG	Metionina
CCA	Prolina
CCG	Prolina

Um dos modos de atuação do ácido nitroso como agente mutagênico é a transformação da base nitrogenada citosina em uracila, nas moléculas de DNA. A uracila, assim formada, conserva as mesmas propriedades de formação de ponte de hidrogênio da uracila encontrada no RNA.

Suponha que o segmento de DNA: 3' ... TTC TCC GGC TAC ... 5' tenha sofrido a ação do ácido nitroso e tenha tido todas as moléculas de citosina transformadas em uracila.

Pode-se concluir que a cadeia polipeptídica codificada pelo segmento de DNA original será diferente da cadeia polipeptídica codificada pelo segmento transformado em

A) quatro aminoácidos.

B) três aminoácidos.

C) dois aminoácidos.

D) um aminoácido.

E) nenhum aminoácido.

06. (UFMG) Observe a sequência de bases nitrogenadas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
TAC	TCA	GAC	CAT	GCT	TAA	TCG	CTC	ACC

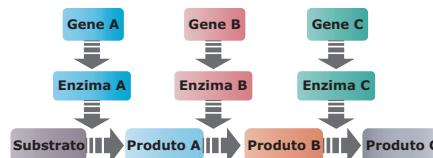
Todas as afirmativas são corretas quanto à sequência, **EXCETO**

A) A introdução de uma adenina (A) entre as trincas indicadas por 2 e 3 pode alterar toda a transcrição a partir desse ponto.

B) A mutação da terceira base da trinca indicada por 9 pode traduzir um aminoácido diferente.

C) A sequência pertence a um DNA e pode codificar um polipeptídeo contendo, pelo menos, 27 aminoácidos.

D) A trinca indicada por 5 pode transcrever um códon CGA, o qual é reconhecido pelo anticódon GCU.

E) A troca da primeira base, em quaisquer das trincas indicadas, pode resultar na troca do aminoácido respectivo na proteína.

07. (UFU-MG–2009) A mutação gênica é uma alteração que ocorre na molécula de DNA ao atingir a sequência de bases. Essa mutação é determinada por falhas na replicação do DNA, que, quando alterado, codifica uma mensagem que leva à produção de proteínas modificadas, alterando o fenótipo. Mutações podem ser favoráveis ou desfavoráveis ao organismo, dependendo do ambiente.

Durante a replicação, a fita – A – C – G – T – T – A – C – C – G – sofreu uma mutação a qual gerou a produção da fita complementar – T – G – C – G – A – T – G – G – C –.

Essa mutação ocorreu devido à

A) substituição de nucleotídeo.

B) adição de nucleotídeo.

C) inserção de nucleotídeo.

D) depleção de nucleotídeo.

08. (FMTM-MG) Observe a via metabólica.

Devido a algum problema cuja causa é desconhecida, uma criança, ao nascer, demonstrou ausência total do produto C. Os médicos propuseram, alternadamente, três tratamentos, cujos resultados foram:

- Administração do produto A – ineficiente.
- Administração do produto B – eficiente.
- Administração do produto C – eficiente.

Tais resultados sugerem que o problema pode ter sido causado

A) por uma mutação no gene C.

B) por uma mutação no gene A.

C) pela ausência da enzima C.

D) pela ausência da enzima A.

E) por uma mutação no gene B.

09. (Unimontes-MG–2007)

Processamento do RNA ou *splicing* é a remoção de sequências não codificadoras de proteínas (íntrons), produzindo um RNA que é traduzido em uma proteína funcional. A teoria do *splicing* alternativo mostra que um mesmo mRNA pode ser clivado em diferentes locais, unindo os fragmentos em diferentes ordens e tamanhos.

Considerando a informação apresentada e o assunto relacionado com ela, analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa **INCORRETA**.

A) O tamanho do genoma é diretamente proporcional à quantidade de proteínas traduzidas.

B) Um gene pode corresponder a mais de um tipo de proteína.

C) O *splicing* alternativo é um dos mecanismos geradores de diversidade proteica.

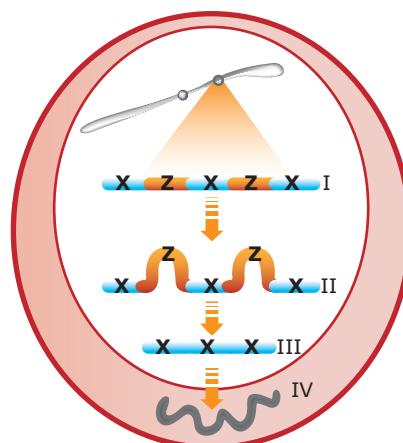
D) A teoria do *splicing* alternativo altera o dogma "um gene – uma proteína".

10. (UFU-MG–2007) A análise de um segmento do DNA de um procarioto revelou a seguinte sequência de nucleotídeos: AGG GAC TTC CTT GCT ATC.

Tabela de Códons e respectivos aminoácidos

Códons	Aminoácido	Códons	Aminoácido	Códons	Aminoácido	Códons	Aminoácido
UUU, UUC	Fenilalanina	UCU, UCC, UCA, UCG	Serina	UAU, UAC	Tirosina	UGU, UGC	Cisteína
UUA, UUG	Leucina			UAA, UAG	Códon de parada	UGA	Códon de parada
						UGG	Triptofano
CUU, CUC, CUA, CUG	Leucina	CCU, CCC, CCA, CCG	Prolina	CAU, CAC	Histidina	CGU, CGC, CGA, CGG	Arginina
				CAA, CAG	Glutamina		
AAU, AUC, AUA	Isoleucina	ACU, ACC, ACA, ACG	Treonina	AAU, AAC	Asparagina	AGU, AGC	Serina
AUG	Metionina ou Formilmetionina			AAA, AAG	Lisina	AGA, AGG	Arginina
GUU, GUC, GUA, GUG	Valina	GCU, GCC, GCA, GCG	Alanina	GAU, GAC	Ácido aspártico	GGU, GGC, GGA, GGG	Glicina
				GAA, GAG	Ácido glutâmico		

Adaptado de CÉSAR e SEZAR. *Biologia:* São Paulo: Saraiva, 2002, 7ª ed, p.264.

Com base na tabela de códons e seus respectivos aminoácidos, pode-se afirmar que a sequência polipeptídica, após a tradução, será representada pelos seguintes aminoácidos:

A) Serina, leucina, lisina, ácido glutâmico e arginina.
B) Arginina, ácido aspártico, tirosina, alanina, isoleucina e glicina.
C) Cisteína, leucina, serina e treonina.
D) Valina, histidina, glutamina, serina, alanina e glicina.

11. (UFV-MG–2007) Na célula representada a seguir, os números I, II, III e IV indicam a ocorrência de alguns dos processos característicos do início da expressão gênica ao produto final. As letras Z e X representam dois tipos diferentes de segmentos presentes nos ácidos nucleicos.

Utilizando o esquema como base, assinale a afirmativa **CORRETA**.

A) O RNA maduro que codifica um polipeptídio é menor que o inicialmente transcrito.
B) A replicação, a transcrição e a tradução correspondem, respectivamente, a I, II e III.
C) O processo de tradução proteica também pode ser representado por II ou III.
D) Os segmentos X e Z contêm informações genéticas que fazem parte do polipeptídio.
E) O RNA maduro está representado entre I e II, e o polipeptídio inicial entre III e IV.

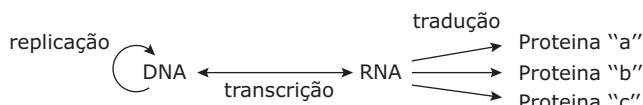
12. (Unicamp-SP) O metabolismo celular é controlado por uma série de reações em que estão envolvidas inúmeras proteínas. Uma mutação gênica pode determinar a alteração ou a ausência de algumas dessas proteínas, levando a mudanças no ciclo de vida da célula.

A) **EXPLIQUE** a relação que existe entre gene e proteína.
B) Por que podem ocorrer alterações nas proteínas quando o gene sofre mutação?
C) Em que situação uma mutação não altera a molécula proteica?

SEÇÃO ENEM

01. Suponha que o segmento de DNA a seguir

...CCG CCC TAC CCG TAT...

codifica a incorporação sequencial de aminoácidos integrantes de uma cadeia polipeptídica, como a do esquema representado a seguir.

Com base nas informações anteriores e em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que

A) cada trinca de bases nitrogenadas do DNA codifica dois ou mais tipos de aminoácidos.
B) aminoácidos diferentes podem ser codificados por uma mesma trinca de bases do DNA.
C) trincas diferentes de bases nitrogenadas do DNA podem codificar um mesmo tipo de aminoácido.
D) os cinco aminoácidos do polipeptídeo em questão estão codificados em um segmento de DNA contendo 15 códons.
E) a troca de qualquer uma das bases nitrogenadas por outra no referido segmento de DNA implica, obrigatoriamente, a mudança da sequência de aminoácidos no polipeptideo.

02. (Enem–2009) A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c.

Depreende-se do modelo que

A) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.

B) o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.

C) as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.

D) é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.

E) a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

03. (Enem–2008) Define-se genoma como conjunto de todo material genético de uma espécie que, na maioria dos casos, são moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre uma possível relação entre o tamanho do genoma – medido pelo número de pares (pb) –, o número de proteinas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começaram a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela a seguir:

espécie	nome comum	tamanho estimado do genoma (pb)	nº de proteínas descritas
Oryza sativa	arroz	5 000 000 000	224 181
Mus musculus	camundongo	3 454 200 000	249 081
Homo sapiens	homem	3 400 000 000	459 114
Rattus novergicus	rato	2 900 000 000	109 077
Drosophila melanogaster	mosca-da-fruta	180 000 000	86 255

De acordo com as informações anteriores

A) o conjunto de genes de um organismo define seu DNA.

B) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.

C) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.

D) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.

E) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados.

GABARITO

Fixação

01. A

02. C

03. C

04. B

05. E

Propostos

01. B

02. E

03. E

04. C

05. C

06. C

07. A

08. E

09. A

10. A

11. A

12. A) Gene é um segmento de DNA que contém as informações necessárias para a síntese de determinada(s) proteína(s).

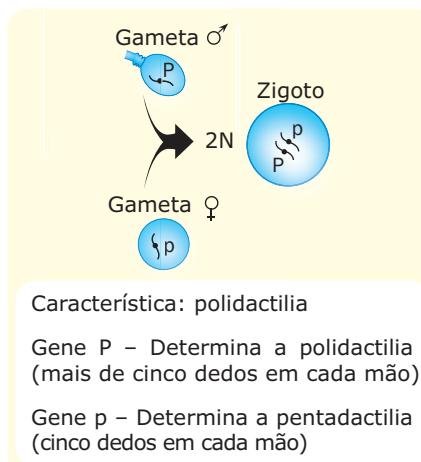
B) Uma alteração no gene, isto é, no DNA, pode modificar o tipo de aminoácido que será incorporado à proteína, alterando a estrutura primária nesta.

C) Não ocorre alteração na molécula quando a mensagem alterada tem o mesmo significado da original, isto é, se a tríade alterada do DNA codifica a mesma informação da original. Isso é possível em algumas situações e deve-se ao fato de o código genético ser degenerado, ou seja, diferentes tríades do DNA podem codificar o mesmo tipo de aminoácido.

Seção Enem

01. C

02. D

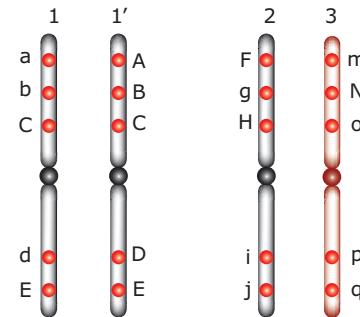
03. C

BIOLOGIA

MÓDULO 02 FRENTE D

Genética: conceitos fundamentais

As unidades responsáveis pelas características hereditárias, os genes, são segmentos de DNA que normalmente se localizam em estruturas celulares denominadas cromossomos. Cada cromossomo é constituído por uma única molécula de DNA e em cada molécula de DNA existem diversos genes. O local que o gene ocupa no cromossomo é denominado **loco** ou ***locus* gênico**.

De um modo geral, nas células diploides (2N), para cada característica hereditária, existe um par de genes, enquanto nas células haploides (N), existe apenas um gene para cada característica. Veja o exemplo esquematizado a seguir.

Observe que, em cada gameta, para a característica número de dedos em cada mão, existe apenas um gene, enquanto, no zigoto, temos um par de genes.

GENES ALELOS

Nas células diploides (2N), os cromossomos se distribuem aos pares: são os pares de **cromossomos homólogos**. Em cada par de cromossomos homólogos, um dos cromossomos é de origem paterna e o outro, de origem materna.

Em um par de cromossomos homólogos, os genes que se localizam nos mesmos *loci* (plural de *locus*) são ditos **genes alelos** ou **alelomorfos**. Em um par de genes alelos, um dos genes é de origem paterna e o outro, de origem materna. Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica e podem ser iguais ou diferentes. Quando o indivíduo apresenta em suas células genes alelos iguais para uma determinada característica, esse indivíduo é dito **homozigoto** ou "puro" para a referida característica; quando os alelos são diferentes, o indivíduo é dito **heterozigoto** ou "híbrido".

O quadro a seguir mostra exemplos de pares de alelos homozigotos e heterozigotos.

*Os cromossomos **1** e **1'** são homólogos. Os genes que neles ocupam os mesmos* loci *são genes alelos. Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica. Assim, **a** é alelo de **A**; **b** é alelo de **B**; **C** é alelo de **C**; **d** é alelo de **D**; **E** é alelo de **E**. Nesse exemplo, o indivíduo é homozigoto para as características determinadas pelos pares **CC** e **EE** e heterozigoto para aquelas determinadas pelos pares **Aa**, **Bb** e **Dd**. Os cromossomos **2** e **3** são heterólogos (não homólogos). Os genes que neles se encontram não são alelos.*

Entre os genes alelos, quando em heterozigose, pode-se ter o fenômeno da dominância completa, da dominância incompleta e da codominância.

- **Dominância completa** ou **absoluta** – É o fenômeno em que um gene inibe o seu alelo, impedindo-o de manifestar a sua ação. O gene que inibe é dito **dominante** e o que é inibido, **recessivo**. Em outras palavras, pode-se dizer que um gene é dominante quando o mesmo manifesta a sua ação em dose dupla (homozigose) ou em dose simples (heterozigose), enquanto o gene recessivo só manifesta sua ação na ausência do gene dominante ou se estiver em dose dupla (homozigose). Veja o exemplo a seguir.

Dominância completa

Característica: Pigmentação da pele na espécie humana.

Gene **A** → Determina a pigmentação da pele.

Gene **a** → Determina a apigmentação da pele (albinismo).

Para a característica em questão, o indivíduo poderá ter uma entre as seguintes combinações de genes alelos:

AA → O indivíduo será pigmentado.

Aa → O indivíduo também será pigmentado.

aa → O indivíduo será apigmentado (albino).

Nesse exemplo, observa-se:

Gene **A** → É o gene dominante.

Gene **a** → É o gene recessivo.

Quando existe o fenômeno da dominância absoluta entre os alelos, a letra minúscula representa o gene recessivo e a maiúscula, o dominante. A letra do alfabeto que geralmente se escolhe para representar esses genes é a letra inicial do nome da manifestação recessiva. No exemplo anterior, usou-se a letra **A** por ser a inicial da manifestação recessiva (**apigmentado** ou **albino**).

- **Dominância incompleta** ou **intermediária** – Não existe dominância absoluta entre os alelos. Assim, o indivíduo hereterozigoto apresenta uma manifestação intermediária entre a dos dois homozigotos. Veja o exemplo a seguir.

Dominância incompleta

Característica: Cor das flores na planta boca-de-leão.

Gene $\mathbf{F^V}$ → Determina a formação de flores vermelhas.

Gene $\mathbf{F^B}$ → Determina a formação de flores brancas.

Para a característica em questão, a planta poderá ter uma das seguintes combinações de genes:

$\mathbf{F^VF^V}$ → Flores vermelhas

$\mathbf{F^VF^B}$ → Flores rosas

$\mathbf{F^BF^B}$ → Flores brancas

Observe que a cor das flores da planta heterozigota ($\mathbf{F^VF^B}$) é intermediária entre a cor das flores das plantas homozigotas $\mathbf{F^VF^V}$ (flores vermelhas) e $\mathbf{F^BF^B}$ (flores brancas).

- **Codominância** – No indivíduo heterozigoto, os dois alelos manifestam suas ações. Veja o exemplo a seguir.

Codominância

Característica: Cor da pelagem no gado da raça Shorton.

Gene **V** → Determina a formação de pelos vermelhos.

Gene **B** → Determina a formação de pelos brancos.

O animal para a característica em questão poderá ter as seguintes combinações gênicas:

VV → Pelos vermelhos.

VB → Pelos vermelhos e pelos brancos.

BB → Pelos brancos.

Observe que, no heterozigoto, há manifestação dos dois alelos. Nesse caso, diz-se que os alelos são **codominantes**.

GENÓTIPO E FENÓTIPO

Os genes que um indivíduo possui para determinada característica constituem o seu **genótipo** para a referida característica. A manifestação do genótipo é o **fenótipo**. Veja o exemplo no quadro a seguir.

Vamos admitir que, na espécie humana, para a característica pigmentação da pele, existem o gene **A** (para a pigmentação) e o gene **a** (para a apigmentação ou albinismo), sendo o gene **A** dominante e o gene **a**, recessivo. Entre esse dois alelos, há, portanto, um caso de **dominância absoluta**. Assim, com esses dois genes, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
AA	Pigmentado
Aa	Pigmentado
aa	Apigmentado

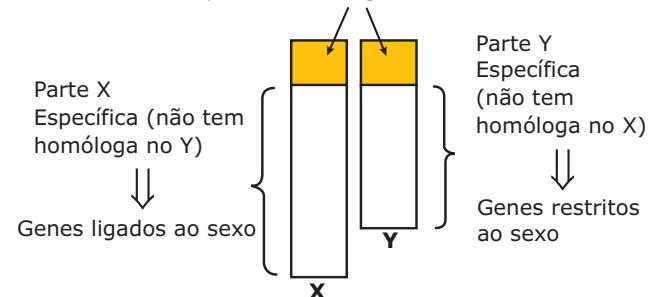
Observe que quando existe dominância absoluta entre os alelos, genótipos diferentes (**AA** e **Aa**) podem determinar um mesmo fenótipo.

O termo genótipo é usado para indicar tanto um gene específico como um conjunto de genes de um indivíduo. Pode-se, por exemplo, falar do genótipo total de uma pessoa ou de seu genótipo quanto a uma determinada característica apenas. O termo genoma, por sua vez, é usado para designar o lote completo de genes que caracterizam uma espécie, ou seja, a totalidade da informação genética contida no DNA da célula (RNA, em alguns vírus).

O fenótipo de muitas características é visível e detectável a olho nu. É o caso, por exemplo, da cor dos olhos (azul, verde, castanho). Por outro lado, existem características em que o fenótipo não é visível, mas pode ser deduzido ou detectado por meio de exames especiais. É o que acontece, por exemplo, com a característica tipo sanguíneo (sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O).

Muitas vezes, fatores do meio ambiente podem exercer influência no fenótipo, levando a uma manifestação que não corresponde exatamente ao que se podia esperar em função exclusivamente do genótipo. A essa influência dá-se o nome de **peristase**. Por exemplo: uma pessoa que tem um genótipo determinante de pele clara, isto é, com pouca produção de melanina, pode torná-la um pouco mais escura expondo-se com frequência à ação dos raios solares. Os raios solares são capazes de acelerar a síntese do pigmento melanina na nossa pele, proporcionando o bronzeamento desta. Assim, pode-se dizer que, para muitas características, o fenótipo resulta da interação do genótipo com o meio.

Fenótipo = Genótipo + Influência do meio

É bom ressaltar que o meio em questão não é somente o ambiente externo ao corpo do indivíduo. É também o ambiente interno, representado por tudo o que cerca os cromossomos, como o nucleoplasma e o citoplasma.

HERANÇA GENÉTICA

Os genes recebidos dos pais e transmitidos aos descendentes por meio da reprodução constituem a chamada herança genética.

Conforme já vimos, caso haja ou não dominância entre os alelos, quando em heterozigose, a herança pode ser com dominância completa, dominância incompleta (intermediária) ou codominância.

Nas espécies em que os cromossomos estão distribuídos em dois grupos, autossomos e heterossomos (alossomos, cromossomos sexuais), a herança pode ser autossômica ou heterossômica. Quando os genes estão localizados em autossomos (genes autossômicos, característica autossômica), a herança é dita **autossômica**. Quando localizados nos heterossomos, a herança pode ser **parcialmente ligada ao sexo**, **ligada ao sexo** ou, ainda, **restrita ao sexo**.

Partes homólogas do X e Y (pseudoautossômicos)
⇒ Genes parcialmente ligados ao sexo.

Cromossomos sexuais humanos *– Os cromossomos sexuais X e Y possuem partes homólogas e partes não homólogas. Quando os genes se localizam nas partes homólogas do X e do Y, a herança é dita parcialmente ligada ao sexo (incompletamente ligada ao sexo, pseudoautossômica); quando localizados na parte X específica, a herança é ligada ao sexo (ligada ao X); quando se localizam na parte Y específica, temos a herança restrita ao sexo (holândrica).*

Devido à influência dos hormônios sexuais, certos genes autossômicos podem se comportar diferentemente nos dois sexos, ou seja, manifestar-se em um dos sexos como dominante e no sexo oposto como recessivo. Nesse caso, a herança é dita **influenciada pelo sexo**. É o caso, por exemplo, do gene para a calvície na espécie humana, que se comporta como dominante no sexo masculino e como gene recessivo no sexo feminino.

Calvície hereditária na espécie humana

Gene **C** → calvície

Gene **C′** → ausência de calvície

Genótipos	Fenótipos	
	Homem	**Mulher**
CC	calvo	calva
CC′	calvo	não calva
C′C′	não calvo	não calva

Observe que o gene **C** (calvície), no sexo masculino, expressa sua ação em homozigose e em heterozigose, tendo, portanto, um comportamento de gene dominante. Já no sexo feminino, esse gene só expressa sua ação quando em homozigose, comportando-se, portanto, como gene recessivo.

Também devido aos efeitos dos hormônios sexuais, existe ainda a chamada **herança com efeito limitado ao sexo**. Nesse caso, os genes autossômicos ocorrem nos dois sexos, mas só se manifestam em um deles. Um bom exemplo ocorre no gado leiteiro, onde os genes destinados à produção de leite estão presentes nos machos e nas fêmeas, mas manifestam-se apenas nas fêmeas.

POLIALELIA (ALELOS MÚLTIPLOS)

Para certas características genéticas, como cor das flores na planta dente-de-leão, existem apenas dois genes alelos diferentes ($\mathbf{F^V}$ e $\mathbf{F^B}$) e, consequentemente, esses dois genes podem originar apenas três genótipos distintos ($\mathbf{F^VF^V}$, $\mathbf{F^VF^B}$ e $\mathbf{F^BF^B}$). Para algumas características, entretanto, existem mais de dois genes alelos diferentes que podem ocupar os mesmos *loci* num par de cromossomos homólogos. Nesse caso, fala-se que na característica há uma **polialelia** ou **alelos múltiplos**.

Um bom exemplo de polialelia aparece na característica coloração da pelagem em coelhos, em que se encontram as variedades aguti (selvagem), chinchila, himalaia e albino. Nessa característica, existe uma série de quatro genes alelos. São eles:

Gene C → condiciona uma pelagem com três faixas coloridas, sendo a mais próxima da pele de cor cinza escuro, a intermediária de cor amarela e a mais superficial de cor preta ou marrom. Esses coelhos são ditos agutis ou selvagens.

Gene $\mathbf{c^{ch}}$ → condiciona uma pelagem cinza prateada devido à combinação dos pigmentos preto e cinza em seus pelos, sendo ausente o pigmento marrom. Esses coelhos são chamados de chinchilas.

Gene $\mathbf{c^h}$ → condiciona uma pelagem branca na maior parte do corpo e pelos pretos nas extremidades (focinho, orelhas, patas e rabo). São os coelhos himalaias.

Gene $\mathbf{c^a}$ → condiciona ausência total de pigmentos na pelagem. Os pelos são totalmente brancos. Esses coelhos são ditos albinos.

Na série de genes alelos anterior, a ordem de dominância de um gene sobre o(s) outro(s) ocorre na seguinte sequência: $\mathbf{C > c^{ch} > c^h > c^a}$. O gene **C** é, portanto, o mais dominante dessa série, uma vez que domina todos os outros; já o gene $\mathbf{c^a}$ é o mais recessivo de todos. Assim, para a característica cor da pelagem, os coelhos podem apresentar os seguintes genótipos e correspondentes fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
$\mathbf{CC}$, $\mathbf{Cc^{ch}}$, $\mathbf{Cc^h}$ e $\mathbf{Cc^a}$	Aguti ou selvagem
$\mathbf{c^{ch}c^{ch}}$, $\mathbf{c^{ch}c^h}$ e $\mathbf{c^{ch}c^a}$	Chinchila
$\mathbf{c^hc^h}$ e $\mathbf{c^hc^a}$	Himalaia
$\mathbf{c^ac^a}$	Albino

PLEIOTROPIA

Constitui o fenômeno em que um mesmo genótipo é responsável por mais de uma manifestação fenotípica. Nesse caso, os genes envolvidos são ditos pleiotrópicos (do grego *pleios*, mais). Veja o exemplo a seguir.

Em camundongos (*Mus musculus*), o mesmo par de genes alelos que determina a coloração cinza ou branca da pelagem também é responsável pela maior ou menor agressividade do animal. Veja que são duas características: cor da pelagem e grau de agressividade do animal. Assim, nos camundongos, pode-se ter:

- **Gene B**, que condiciona a formação de pelagem cinza e comportamento muito agressivo.
- **Gene b**, que condiciona a formação de pelagem branca e comportamento pouco agressivo.

Os genótipos e respectivos fenótipos que podem existir resultantes da combinação entre esses dois genes são:

Genótipos	Fenótipos
BB →	Cinza e muito agressivo
Bb →	Cinza e muito agressivo
bb →	Branco e pouco agressivo (dócil)

Assim, todo camundongo branco (**bb**) é mais manso (menos agressivo), enquanto todo camundongo cinzento (**BB** ou **Bb**) é muito agressivo.

Um bom exemplo de pleiotropia na espécie humana é o do gene responsável pela anemia falciforme. Tal anomalia é resultante da substituição de um único aminoácido num determinado trecho da molécula de hemoglobina, o que acarreta a formação de uma hemoglobina anômala (hemoglobina **s**). Essa hemoglobina anômala, por sua vez, faz com que as hemácias (glóbulos vermelhos) tenham uma forma também anômala, que lembra a lâmina de uma foice (daí o termo *falciforme*). Essas hemácias falciformes, por sua vez, são destruídas mais rapidamente que as hemácias normais, causando, consequentemente, a anemia. Em consequência dessa anemia, haverá o comprometimento de praticamente todo o metabolismo normal do indivíduo, que apresentará, por exemplo, fraqueza, diminuição das funções mentais, insuficiência cardíaca, desenvolvimento físico retardado, etc. Por outro lado, o indivíduo que tem anemia falciforme é mais resistente à malária provocada pelo *Plasmodium falciparum*. Assim, há várias manifestações fenotípicas determinadas por um mesmo genótipo.

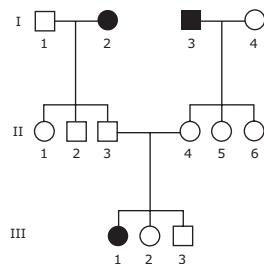
GENES LETAIS

Genes letais são aqueles que, ao manifestarem sua ação, acarretam a morte do indivíduo, o que, dependendo do tipo de gene, pode ocorrer durante a vida embrionária ou na vida pós-natal (após o nascimento). Quando o gene letal provoca a morte, quer esteja em homozigose ou em heterozigose, ele é considerado dominante para a letalidade. Caso provoque a morte apenas quando em homozigose, é dito recessivo para a letalidade.

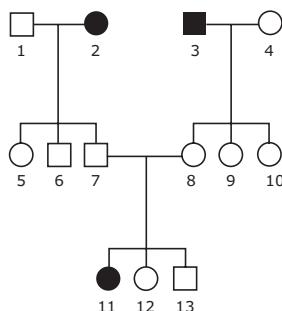
Um bom exemplo de gene letal dominante é o que causa a doença conhecida por Coreia de Huntington. Tal doença causa degeneração nervosa, tremores generalizados e deterioração mental e física. Tais anomalias são progressivas e irreversíveis, culminando na morte do indivíduo. O gene responsável por essa doença é um gene letal dominante. Veja o quadro ao lado.

Coreia de Huntington	
Gene **H** → Condiciona a doença Coreia de Huntington.	
Gene **h** → Condiciona a normalidade.	
Genótipos	**Fenótipos**
HH	Doente → morte
Hh	Doente → morte
hh	Normal

A doença manifesta-se numa idade entre a infância e a velhice, na maioria dos casos por volta dos 35 anos de idade.

Nos casos em que a doença se manifesta tardiamente, os seus portadores podem se casar antes do aparecimento dos sintomas, sem saber que são afetados e, assim, transmitir o gene **H** para os seus descendentes, contribuindo para a propagação e para a perpetuação da doença.

HEREDOGRAMAS

Heredogramas, genealogias, cartas genealógicas ou *pedigrees* são representações gráficas da herança de determinada característica hereditária em uma família. Os símbolos convencionais mais comumente usados na construção dos heredogramas estão relacionados a seguir.

Símbolo	Significado
□ ou ♂	Sexo masculino
○ ou ♀	Sexo feminino
◇	Sexo ignorado (indivíduo de sexo não informado).
● ou ♀ (preenchido) ■ ou ♂ (preenchido)	Indivíduos que manifestam a característica estudada, que pode ser ou não uma anomalia. Quando é uma doença ou anomalia genética, tais indivíduos também podem ser ditos afetados.
□—○	Cruzamento (“casamento”).
□═○	Cruzamento consanguíneo (entre parentes próximos).
□┬○	Casal estéril (sem filhos).
Linha da irmandade	Filhos (os irmãos são colocados a partir da esquerda para a direita na ordem em que nasceram, ligados a uma linha horizontal, denominada linha de irmandade).
	Gêmeos dizigóticos (DZ) ou bivitelinos.
	Gêmeos monozigóticos (MZ) ou univitelinos.

A numeração dos indivíduos no heredograma pode ser feita de diferentes maneiras. Veja os exemplos a seguir.

Exemplo 1:

Os algarismos romanos indicam as diferentes gerações representadas no heredograma. Em cada geração, os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando a sua geração e seu respectivo número dentro da geração. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os identificados por I-2, I-3 e III-1.

Exemplo 2:

Os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando o seu número. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os de números 2, 3 e 11.

LEITURA COMPLEMENTAR

Noções de Probabilidade

O estudo da transmissão das características hereditárias, isto é, o estudo da genética, exige algum conhecimento a respeito da teoria das probabilidades. Assim, antes de iniciarmos o estudo da genética propriamente dito, veremos algumas regras básicas dessa importante parte da Matemática.

A probabilidade é a frequência esperada da ocorrência de um certo evento, ou seja, é a chance que um fenômeno tem de ocorrer. Seu cálculo é feito por meio da seguinte relação:

$$\text{Probabilidade} = \frac{\text{N.º de vezes da ocorrência desejada}}{\text{N.º de vezes de todas as ocorrências possíveis}}$$

Exemplo: Numa urna, existem 30 bolas brancas e 10 bolas pretas. Qual a probabilidade de se retirar dessa urna uma bola branca?

Resolução:

Note que o número total de bolas é igual a 40, sendo 30 delas brancas. Quando colocamos a mão na urna e retiramos aleatoriamente uma única bola, podemos retirar qualquer uma das 40 bolas. Como o desejado em questão é que se retire, no universo das 40 bolas, uma bola branca, a probabilidade de ocorrência desse evento será obtida da seguinte maneira:

$$\frac{\text{N.º de bolas brancas (ocorrência desejada)}}{\text{N.º total de bolas da urna (ocorrências possíveis)}}$$

Assim, a probabilidade corresponderá a 30/40 = 3/4 (75%).

Resposta: 3/4 (75%)

Quando se calcula a probabilidade de dois ou mais eventos, deve-se considerar se eles são mutuamente exclusivos ou se são eventos independentes.

Eventos mutuamente exclusivos

São aqueles em que a ocorrência de um exclui a possibilidade da ocorrência de outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade será obtida pela soma das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

Exemplo: No lançamento de um dado normal, qual é a probabilidade de se obter a face 4 **ou** a face 5?

Resolução:

Observe que, nesse caso, a ocorrência de um dos eventos desejados exclui a possibilidade de ocorrência do outro ao mesmo tempo, ou seja, é um **ou** outro. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 = 1/6
- Probabilidade de sair a face 5 = 1/6
- Probabilidade de sair a face 4 **ou** a face 5 = 1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3

Resposta: 1/3 (33,3...%)

Eventos independentes

São aqueles que podem ocorrer simultaneamente, isto é, a ocorrência de um não exclui a possibilidade de ocorrência do(s) outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade é obtida pelo produto das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

Exemplo: No lançamento simultâneo de um dado normal e de uma moeda de duas faces ("cara" e "coroa"), qual é a probabilidade de se obter a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda?

Resolução:

Observe que o fato de sair a face 4 no dado não exclui a possibilidade de sair a face "coroa" na moeda e vice-versa, ou seja, os dois eventos desejados são independentes. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 no dado = 1/6
- Probabilidade de sair a face "coroa" na moeda = 1/2
- Probabilidade de sair a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda = 1/6 . 1/2 = 1/12

Resposta: 1/12 (8,3...%)

Regra do "ou" e regra do "e"

É costume dizer que a resolução da probabilidade de eventos mutuamente exclusivos é feita por meio da **regra do "ou"**, enquanto a probabilidade de eventos independentes obedece à **regra do "e"**.

- **Regra do "ou"** – Aplica-se para **eventos mutuamente exclusivos**. A probabilidade é igual à soma das probabilidades de cada evento em separado, isto é, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, ao final, somam-se todas elas.
- **Regra do "e"** – Aplica-se para **eventos independentes**. A probabilidade é dada pelo produto das probabilidades de cada evento em separado, ou seja, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, em seguida, multiplica-se uma(s) pela(s) outra(s).

Existem situações em que, para se chegar ao resultado final da probabilidade desejada, deve-se combinar **a regra do "ou"** com a **regra do "e"**. Veja o exemplo:

Em três lançamentos consecutivos de uma moeda, qual a probabilidade de serem obtidas duas "caras" e uma "coroa"?

Resolução:

Observe que o desejado é a obtenção de duas faces "caras" e uma face "coroa", não importando a ordem em que esses eventos ocorram. Assim, conforme mostra o quadro a seguir, são possíveis três diferentes ordens de ocorrência, envolvendo duas "caras" e uma "coroa" que satisfazem ao desejado, ou seja: "cara", "cara", "coroa" **ou** "cara", "coroa", "cara" **ou** "coroa", "cara", "cara".

1º Lançamento	2º Lançamento	3º Lançamento
"cara"	"cara"	"coroa"
"cara"	"coroa"	"cara"
"coroa"	"cara"	"cara"

Nesse exemplo, procede-se da seguinte maneira:

- Probabilidade de sair a face "cara" em qualquer lançamento de uma moeda = 1/2
- Probabilidade de sair a face "coroa" em qualquer lançamento de uma moeda = 1/2
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "cara", "coroa" = 1/2 . 1/2 . 1/2 = 1/8
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "coroa", "cara" = 1/2 . 1/2 . 1/2 = 1/8
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "coroa", "cara", "cara" = 1/2 . 1/2 . 1/2 = 1/8

Assim, em três lançamentos consecutivos de uma moeda, a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa" corresponderá a: 1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8.

Resposta: 3/8 (37,5%)

Esse mesmo resultado pode ser obtido aplicando-se o binômio de Newton: $(\mathbf{p + q})^{\mathbf{n}}$, em que **p** representa a probabilidade de se obter a face "cara", **q**, a probabilidade de se obter "coroa" e **n** corresponde ao número de lançamentos feitos. Como nesse exemplo foram feitos três lançamentos da moeda, o binômio será $(p + q)^3$.

Desenvolvendo o binômio anterior, obtemos: $(p + q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3$. Como o desejado no caso são duas "caras" e uma "coroa", o termo do binômio que usaremos é o $3p^2q$. Substituindo os valores de **p** e **q** nesse termo, teremos: $3 . (1/2)^2 . 1/2 = 3 . 1/4 . 1/2 = 3/8$.

Resposta: 3/8

Uma outra maneira de se chegar a esse mesmo resultado consiste em calcular a ocorrência da probabilidade desejada numa ordem qualquer e multiplicar pelo número de ordens ou combinações possíveis que podem existir. Para calcular o número de ordens ou combinações possíveis, usa-se a fórmula **n!/p! (n-p)!**, em que **n** é o número de elementos que entram no cálculo, e **p** é uma das alternativas. Como nesse exemplo foram feitos três lançamentos, **n** = 3. O **p** pode representar 2 (duas "caras") ou 1 (uma "coroa"). Vamos considerar que **p** seja igual a 2. Substituindo os valores de **n** e **p** na fórmula anterior, teremos: 3!/2! (3-2)! = 1 . 2 . 3/1 . 2 . 1 = 3. Assim, em três lançamentos de uma moeda, existem três ordens diferentes em que poderão sair duas faces "caras" e uma face "coroa". Essas ordens, conforme já foi visto, são: "cara", "cara", "coroa" ou "cara", "coroa", "cara" ou "coroa", "cara", "cara". Como a probabilidade de sair duas faces "caras" e uma face "coroa" numa ordem qualquer = 1/8, a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa", independentemente da ordem que tais eventos ocorram, será correspondente a 3 . 1/8 = 3/8.

Resposta: 3/8

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Em relação aos genes alelos, é correto dizer, **EXCETO**

A) Relacionam-se com uma mesma característica.

B) Ocupam os mesmos *loci* num mesmo par de cromossomos homólogos.

C) Podem ser iguais ou diferentes.

D) São encontrados apenas nos autossomos.

02. A manifestação visível ou perceptível de uma determinada característica hereditária denomina-se

A) genótipo.

B) fenótipo.

C) fenocópia.

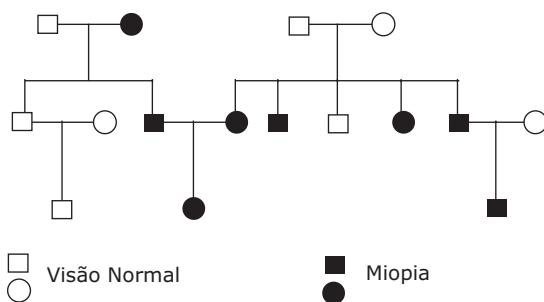
D) genealogia.

03. Em determinada espécie de animal, o gene **B** determina a formação de uma pelagem totalmente branca, enquanto o seu alelo **P** condiciona a formação de pelagem preta uniforme. Os indivíduos heterozigotos têm uma pelagem branca salpicada de pintas pretas. Apenas com essas informações, pode-se concluir que a cor da pelagem nessa espécie de animal é um exemplo de

A) dominância absoluta.

B) codominância.

C) polialelia.

D) herança ligada ao sexo.

04. Vamos admitir que em cobaias há uma série alélica com três genes diferentes para a cor da pelagem: gene **E** (pelagem branca), gene $\mathbf{e^p}$ (pelagem branca com manchas marrons) e gene **e** (pelagem marrom uniforme). A relação de dominância entre os genes dessa série é

$$\mathbf{E} > \mathbf{e^p} > \mathbf{e}.$$

Com as informações anteriores, podemos concluir corretamente, **EXCETO**

A) Trata-se de um caso de polialelia (alelos múltiplos).

B) Existem seis genótipos diferentes para essa característica das cobaias.

C) Existem três fenótipos diferentes para essa característica das cobaias.

D) Cobaias com pelagem marrom uniforme poderão ter genótipos diferentes.

05. A genealogia a seguir mostra a herança para um certo tipo de miopia.

A respeito do heredograma apresentado, é correto dizer, **EXCETO**

A) O indivíduo III-2 tem o mesmo fenótipo de seus pais.

B) Os indivíduos II-1 e II-6 têm fenótipos iguais.

C) Os sobrinhos do indivíduo II-5 são míopes.

D) O casal I-1 x I-2 tem três filhos, sendo dois homens e uma mulher.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FCMMG) O termo "fator", originalmente usado por Mendel, foi substituído por "gene".

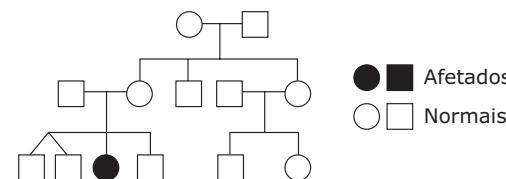
As diferentes formas sob as quais um determinado gene pode aparecer denominam-se alelos que, normalmente, encontram-se em

A) homozigose.

B) pleiotropia.

C) heterozigose.

D) cromossomos homólogos.

E) cromossomos heterólogos.

02. (UFF-RJ) Genes que se localizam no mesmo *locus* em ambos os cromossomos de um par e que respondem pela manifestação de um certo caráter denominam-se

A) homólogos.

B) alelos.

C) codominantes.

D) híbridos.

E) homozigóticos.

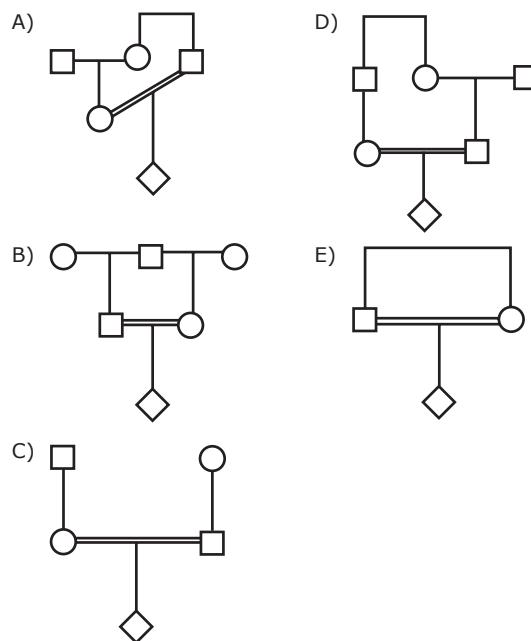
03. Uma pessoa pigmentada de pele clara, por ação dos raios solares, fica com a pele mais escura. Portanto, para a característica em questão,

A) os seus genes sofreram uma mutação que permitiu um aumento da produção de melanina.

B) o seu fenótipo e o seu genótipo se alteraram.

C) o seu fenótipo se alterou, mas não o seu genótipo.

D) o seu genótipo se alterou, mas não o seu fenótipo.

04. (UFMG–2010) Em aconselhamentos genéticos, um dos recursos utilizados é a elaboração de heredogramas, como este:

É **INCORRETO** afirmar que a análise de heredogramas pode

A) determinar o provável padrão de herança de uma doença.

B) ilustrar as relações entre os membros de uma família.

C) prever a frequência de uma doença genética em uma população.

D) relatar, de maneira simplificada, histórias familiares.

05. (UFMG) Um estudante de 23 anos, doador de sangue tipo universal, é moreno, tem estatura mediana e pesa 85 Kg. Todas as alternativas apresentam características hereditárias desse estudante que são influenciadas pelo ambiente, **EXCETO**

A) Altura

B) Cor da pele

C) Grupo sanguíneo

D) Peso

06. (FCMMG) O heredograma que representa um casamento consanguíneo entre irmã / meio irmão, com filho de sexo não especificado, é

A)
D)
B)
E)
C)
07. Quando afirmamos que, em relação ao caráter cor dos olhos, um indivíduo é portador dos genes **A** e **a**, estamos fazendo referência ao seu

A) genótipo.

B) fenótipo.

C) cariótipo.

D) aspecto externo.

08. Nos casos de herança com ausência de dominância, não considerando nenhum tipo de influência de fatores ambientais e a não ocorrência de mutações, indivíduos com genótipos idênticos para determinada característica

A) sempre têm fenótipos idênticos.

B) sempre têm fenótipos diferentes.

C) podem ter fenótipos idênticos.

D) podem ter fenótipos diferentes.

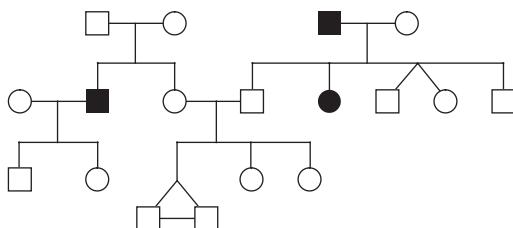
09. Na espécie humana, o gene responsável pela distrofia muscular Duchenne, doença que causa degeneração e atrofia progressiva dos músculos, tem o seu *locus* na parte não homóloga do cromossomo sexual X.

Com base nessas informações, podemos concluir **CORRETAMENTE** que a herança desse gene é um caso de

A) herança influenciada pelo sexo.

B) herança ligada ao sexo.

C) herança restrita ao sexo.

D) herança de efeito limitado ao sexo.

10. Genes holândricos são aqueles que têm seus *loci*

A) em qualquer um dos diferentes autossomos.

B) nas partes homólogas dos cromossomos sexuais X e Y.

C) no segmento diferencial do cromossomo sexual X.

D) no segmento diferencial do cromossomo sexual Y.

11. Um estudioso que pretenda estudar o efeito do meio ambiente sobre o fenótipo deveria utilizar como material comparativo de estudo

A) gêmeos univitelinos criados em um mesmo ambiente.

B) gêmeos fraternos criados em ambientes diferentes.

C) gêmeos univitelinos criados num mesmo ambiente e gêmeos univitelinos criados em ambientes diferentes.

D) gêmeos fraternos criados num mesmo ambiente e gêmeos fraternos criados em diferentes ambientes.

E) gêmeos dizigóticos criados em ambientes diferentes, sendo ambos do mesmo sexo.

12. "Um pesquisador observou que determinado pássaro de penas brancas, sendo alimentado com cenoura em grande quantidade, passa a ter cor alaranjada nas penas. Parando de se alimentar com cenouras, suas penas, após certo tempo, voltam a ser brancas".

O texto anterior descreve

A) uma alteração apenas no fenótipo da característica cor das penas.

B) uma alteração apenas no genótipo da característica cor das penas.

C) alterações no genótipo e no fenótipo da característica cor das penas.

D) uma mutação nos genes responsáveis pela característica cor das penas.

E) uma influência da alimentação na determinação de um genótipo.

13. Algumas pessoas demonstram uma transpiração excessiva mesmo em condições ambientais normais. Esse caráter é determinado por um gene dominante S, cujo *locus* não se encontra nos cromossomos sexuais.

Com base nas informações anteriores e em seus conhecimentos, responda:

A) Como deve ser o genótipo das pessoas normais?

B) **CARACTERIZE** o tipo de herança do gene para transpiração excessiva.

C) Qual será o fenótipo de uma pessoa que tem genótipo heterozigoto para essa característica?

14. Observe o heredograma a seguir:

Não considerando a ocorrência de mutações, quais são os indivíduos representados no heredograma que, com certeza, qualquer que seja a característica hereditária considerada, têm sempre o mesmo genótipo? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

SEÇÃO ENEM

01. Na espécie humana, a capacidade de sentir o gosto amargo de uma substância conhecida por PTC (feniltiocarbamida) deve-se a um gene dominante **I** que, como tal, manifesta sua ação em homozigose (dose dupla) e em heterozigose (dose simples). A incapacidade de sentir tal gosto deve-se ao seu alelo recessivo *i* que só manifesta sua ação quando em homozigose (dose dupla). Cada um de nós recebe de cada genitor apenas um desses dois genes (**I** ou *i*). Assim, para essa característica (sensibilidade ou não ao gosto amargo do PTC), existem três genótipos distintos: **I I**, **I***i* e *i i*. Com essas informações, pode-se concluir que os indivíduos sensíveis ao PTC, isto é, capazes de sentir o gosto amargo dessa substância, podem ter os seguintes genótipos:

A) **II** ou *i i*
B) **II** ou **I***i*
C) **I***i* ou *i i*
D) Apenas **II**
E) Apenas *i i*

02. (Enem–2009) Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnicas de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação solar natural e o outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas.

Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram

A) os genótipos e os fenótipos idênticos.
B) os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.
C) as diferenças nos genótipos e fenótipos.
D) o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.
E) o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.

GABARITO

Fixação

01. D
02. B
03. B
04. D
05. D

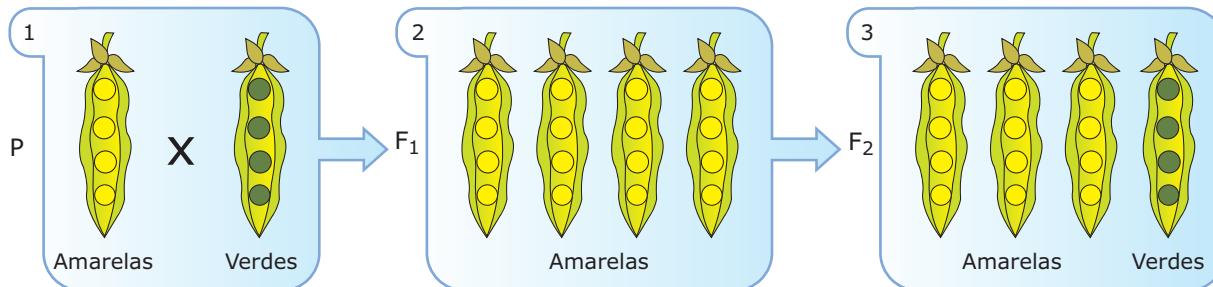
Propostos

01. D
02. B
03. C
04. C
05. C
06. B
07. A
08. A
09. B
10. D
11. C
12. A
13. A) O genótipo será **ss**.
    B) Herança autossômica dominante.
    C) A pessoa terá uma transpiração excessiva mesmo em condições ambientais normais.
14. Os indivíduos III-3 e III-4, porque são gêmeos monozigóticos (univitelinos) e esses gêmeos são geneticamente idênticos.

Seção Enem

01. B
02. B

BIOLOGIA

1ª Lei de Mendel

MÓDULO 03 FRENTE D

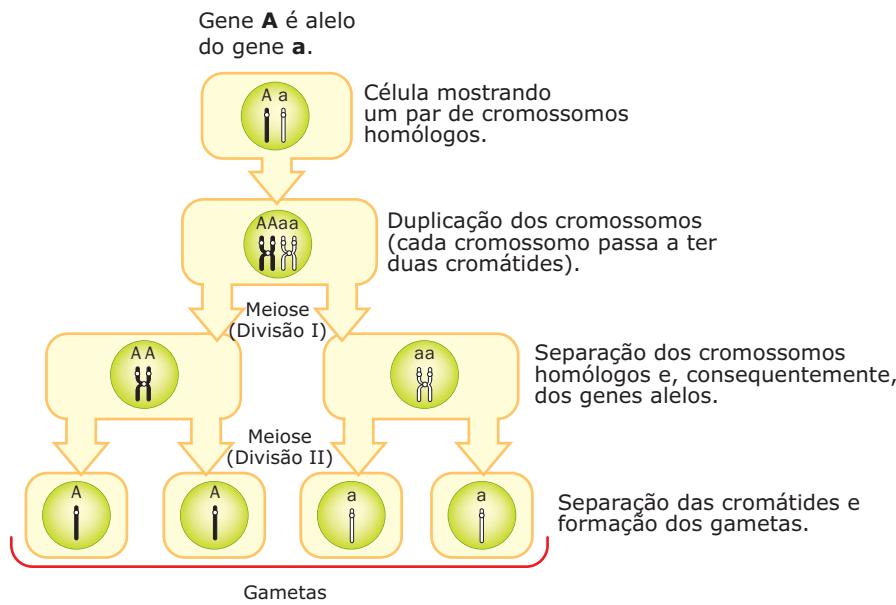
Em meados do século XVII, o monge austríaco Gregor Mendel, realizando e analisando os resultados de cruzamentos feitos com plantas, especialmente ervilhas (*Pisum sativum*), elaborou os princípios básicos dos conhecimentos genéticos. É, portanto, o fundador da Genética.

Mendel admitiu a existência de "fatores" responsáveis pelas características hereditárias, embora não soubesse explicar de que esses fatores eram constituídos e nem a localização dos mesmos no interior das células. No século XX, com o desenvolvimento da citologia e da bioquímica, comprovou-se que Mendel tinha razão. Tais fatores realmente existem, localizam-se nos cromossomos e são constituídos por DNA. Os fatores de Mendel passaram, então, a ser denominados genes.

O sucesso que Mendel teve em seus experimentos deve-se a várias particularidades, tais como: a escolha de plantas de cultivo fácil e de ciclo reprodutivo curto, permitindo observar várias gerações em curto tempo; o grande número de descendentes que as plantas utilizadas geram a cada reprodução, permitindo avaliar estatisticamente os dados com grande margem de acerto; a escolha de plantas com flores que possuem órgãos reprodutores fechados dentro das pétalas, o que garante a autofecundação, gerando linhagens puras (nessas plantas, a fecundação cruzada só ocorre quando provocada, isto é, quando se deseja); a escolha de características contrastantes e bem visíveis, como cor das flores, aspecto das sementes, altura das plantas, etc.

As figuras a seguir ilustram resumidamente um dos experimentos de Mendel.

1. Mendel promoveu o cruzamento entre ervilhas com sementes amarelas e ervilhas com sementes verdes de linhagens puras (geração P).

2. O resultado do cruzamento da geração P originou uma geração-filha (F_1) constituída por 100% de descendentes com sementes amarelas.

3. A autofecundação dos indivíduos da geração F_1 originou uma 2ª geração-filha (F_2), na qual 75% (3/4) dos descendentes produziam sementes amarelas e 25% (1/4), sementes verdes.

Após analisar diferentes características e os resultados de vários cruzamentos, Mendel elaborou o "princípio fundamental da herança", que ficou mais conhecido como a 1ª Lei de Mendel.

1ª LEI DE MENDEL

1ª Lei de Mendel (**lei da segregação dos fatores, lei da pureza dos gametas**) = "Cada caráter é determinado por um par de fatores que se segregam (separam-se) durante a formação dos gametas. Assim, cada gameta tem apenas um fator para cada característica".

De acordo com a 1ª Lei de Mendel, um indivíduo que tem nas células do seu corpo o genótipo **Aa** para uma determinada característica, quando for produzir os seus gametas, formará metade contendo o gene **A** e a outra metade, o gene **a**. Tal ocorrência se explica pela meiose, conforme se vê no esquema a seguir.

A 1ª Lei de Mendel permite concluir que,

- se para uma determinada característica o indivíduo possui o genótipo **AA**, quando esse indivíduo formar seus gametas, 100% deles terão o gene **A** para a referida característica.
- se para uma determinada característica o indivíduo possui o genótipo **aa**, 100% dos gametas formados por esse indivíduo terão o gene **a** para a referida característica.
- se para uma determinada característica o indivíduo possui o genótipo **Aa**, formará dois tipos de gametas: 50% dos quais deverão ter o gene **A** e 50%, o gene **a**.

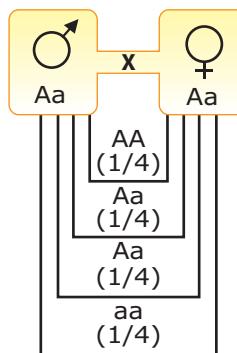
O quadro a seguir sintetiza essas conclusões.

Genótipos	Tipos de gametas
AA	**A** (100%)
Aa	**A** (50%) e **a** (50%)
aa	**a** (100%)

Vejamos, então, alguns exemplos de aplicação da 1ª Lei de Mendel.

Exemplo 1: Vamos admitir que, na espécie humana, a pigmentação da pele seja condicionada por um gene dominante **A**, enquanto a apigmentação (albinismo) é condicionada pelo alelo recessivo **a**.

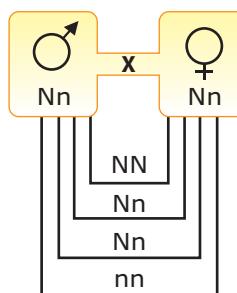
Se um indivíduo pigmentado, heterozigoto, casar-se com uma mulher de genótipo idêntico ao seu, qual é a probabilidade de que esse casal tenha uma criança apigmentada (albina)?

Resolução:

O enunciado anterior informa que o genótipo do homem em questão é **Aa**, e o da mulher também é **Aa**. Assim, de acordo com a 1ª Lei de Mendel, esse homem formará 50% de espermatozoides contendo o gene **A** e 50% de espermatozoides com o gene **a**. A mulher também formará dois tipos de gametas, isto é, 50% dos seus gametas deverão ter o gene **A** e 50%, o gene **a**. Lançando os diferentes tipos de gametas masculinos e femininos com seus respectivos percentuais num quadro (quadrado de Punnet ou genograma) e associando cada gameta masculino a cada gameta feminino, teremos todas as combinações possíveis que poderão ocorrer quando da fecundação envolvendo gametas desses dois indivíduos, isto é, todos os possíveis genótipos que poderão ter os filhos desse casal.

Gametas ♀ ♂	A (1/2 ou 50%)	a (1/2 ou 50%)
A (1/2 ou 50%)	**AA** (1/4 ou 25%)	**Aa** (1/4 ou 25%)
a (1/2 ou 50%)	**Aa** (1/4 ou 25%)	**aa** (1/4 ou 25%)

O quadro apresentado mostra que existe 1/4 (25%) de probabilidade de nascer uma criança pigmentada homozigota (**AA**); 2/4 ou 1/2 (50%) de nascer uma criança pigmentada heterozigota (**Aa**) e 1/4 (25%) de nascer uma criança apigmentada (**aa**). Assim, a probabilidade de o casal ter uma criança pigmentada (**AA** ou **Aa**) será de 1/4 + 2/4 = 3/4 (75%), e a probabilidade de nascer uma criança apigmentada será de 1/4 (25%).

Resposta: 1/4 (25%)

O mesmo resultado pode ser obtido de uma forma mais simples, por meio do esquema a seguir.

Resposta: 1/4 (25%).

Exemplo 2: A queratose é uma anomalia hereditária autossômica em que o indivíduo apresenta espessamento da camada de queratina da pele, com rachaduras dolorosas. Essa anomalia deve-se a um gene dominante **N**, e a normalidade da característica em questão se deve ao alelo recessivo **n**. Considerando um casal em que ambos os cônjuges têm queratose e são heterozigóticos, responda: qual é a probabilidade de esse casal ter

A) uma criança com queratose?

B) um menino com queratose?

C) uma criança com a pele normal?

D) uma menina com a pele normal?

E) quatro crianças com queratose?

Resolução:

Com os dados fornecidos pelo enunciado, concluímos que o casal em questão é **Nn** x **Nn**. Fazendo todas as combinações possíveis entre os gametas masculinos e femininos produzidos pelo casal, temos:

O cruzamento anterior permite concluir que haverá

- 1/4 ou 25% de probabilidade de os descendentes serem **NN** (com queratose).
- 2/4 ou 1/2 ou 50% de probabilidade de serem **Nn** (com queratose).
- 1/4 ou 25% de probabilidade de os descendentes serem **nn** (com pele normal).

Respostas:

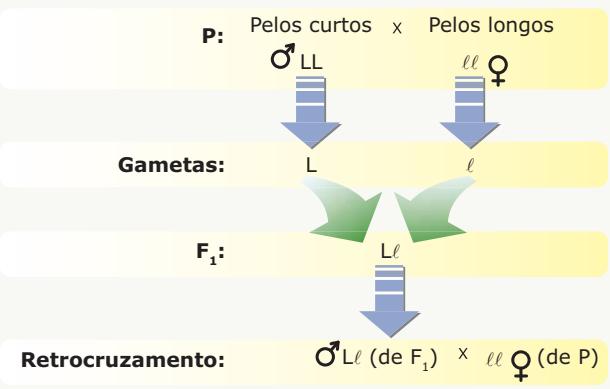
A) A probabilidade de o casal ter uma criança com queratose será igual a 3/4 ou 75%.

B) Como a probabilidade de nascer menino é de 1/2 e a de nascer uma criança com queratose é de 3/4, então a probabilidade de o casal ter um menino com queratose será igual a 1/2 x 3/4 = 3/8.

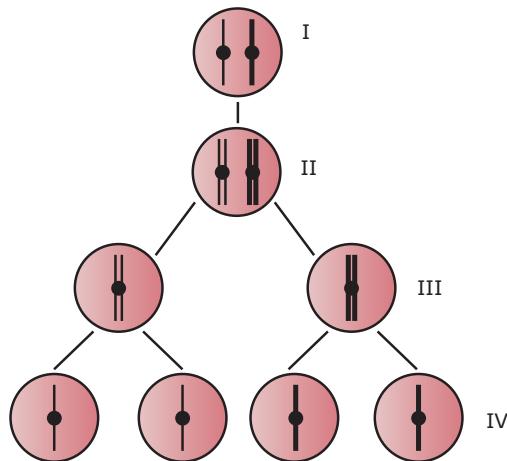
C) A probabilidade de nascer uma criança com pele normal é de 1/4 ou 25%.

D) Como a probabilidade de nascer uma menina é de 1/2 e a de nascer uma criança normal é de 1/4, então a probabilidade de nascer uma menina com pele normal será igual a 1/2 x 1/4 = 1/8.

E) Como a probabilidade de nascer uma criança (menino ou menina) com queratose é de 3/4, então a probabilidade de o casal ter quatro crianças com queratose será igual a $(3/4)^4$ = 3/4 x 3/4 x 3/4 x 3/4 = 81/256 (31,6%).

LEITURA COMPLEMENTAR

"*Test-Cross*" e "*Back-Cross*"

O "*test-cross*" (cruzamento-teste) é o cruzamento de um indivíduo (indivíduo-teste) de genótipo ignorado, mas portador da manifestação (fenótipo) dominante de uma determinada característica, com outro que tem a manifestação recessiva da mesma característica. Trata-se de um recurso muito usado em certas espécies de plantas e de animais para tentar identificar se o indivíduo que tem o fenótipo dominante para certo caráter é homozigoto ou heterozigoto. Essa identificação poderá ser determinada pela observação dos fenótipos dos descendentes do cruzamento. Se entre os descendentes surgirem indivíduos com a manifestação recessiva, o indivíduo-teste será heterozigoto; se na descendência só houver indivíduos com a manifestação dominante, então, muito provavelmente, o indivíduo-teste deverá ser homozigoto.

O "*back-cross*" (retrocruzamento) é o cruzamento de um indivíduo da geração F_1 (filhos) com um de seus genitores (geração P = geração paterna ou parental) ou com um indivíduo que tenha genótipo idêntico a um de seus genitores. Veja o exemplo a seguir.

Nos coelhos, o tamanho dos pelos é determinado geneticamente por meio de uma herança com dominância.

O gene **L** condiciona a formação de pelos curtos, enquanto o seu alelo ***ℓ*** determina a formação de pelos longos. Um coelho de pelos curtos homozigoto foi cruzado com uma fêmea de pelos longos, originando filhotes de pelos curtos heterozigotos. Um desses filhotes foi, então, retrocruzado com a sua mãe, conforme representado a seguir.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Representação esquemática do núcleo de uma célula em meiose.

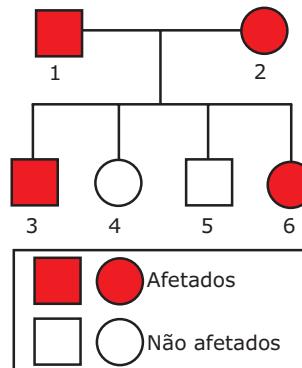
A segregação dos alelos, descoberta por Mendel, ocorre

A) entre I e II.

B) entre II e III.

C) entre III e IV.

D) em I.

E) em II.

02. (PUC-SP) Em relação à anomalia gênica autossômica recessiva albinismo, qual será a proporção de espermatozoides que conterá o gene A em um homem heterozigoto?

A) 1/2 B) 1/4 C) 1/8 D) 1/3 E) 1

03. (FCMMG) O fato de Mendel ter optado pelo uso da ervilha *Pisum sativum* para o seu estudo genético se deve aos aspectos favoráveis a seguir citados, **EXCETO**

A) Ciclo de vida curto

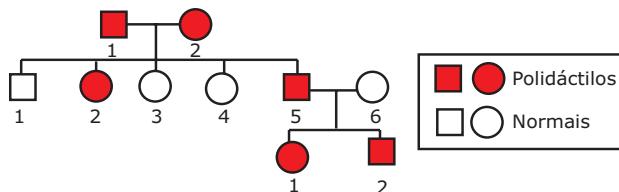
B) Facilidade de cultivo

C) Estrutura da flor que favorece à fecundação cruzada

D) Variedades facilmente identificáveis por serem distintas

E) Alto índice de fertilidade nos cruzamentos de variedades diferentes

04. (FMTM-MG) Observe a genealogia que representa uma família com pessoas afetadas por uma anomalia autossômica.

A partir da análise da genealogia, pode-se afirmar que a anomalia é

A) recessiva, e os indivíduos 1 e 2 são homozigotos.

B) dominante, e a probabilidade de 6 ser heterozigota é de 2/3.

C) recessiva, e a probabilidade de 4 ser homozigoto é de 1/4.

D) dominante, e a probabilidade de 3 ser heterozigoto é de 1/2.

E) recessiva, e a probabilidade de 5 ser heterozigoto é de 1/2.

05. (FCC-SP) Na ervilha-de-cheiro, sementes lisas são dominantes sobre sementes rugosas. Se uma planta homozigota para sementes lisas é cruzada com uma planta de semente rugosa dando descendentes, qual será o resultado do cruzamento de um desses descendentes com a planta de semente rugosa da geração parental?

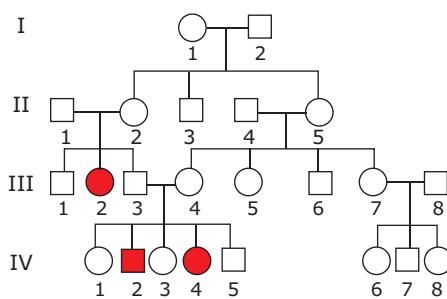
A) Sementes lisas (100%)

B) Sementes rugosas (100%)

C) Sementes lisas (50%) e rugosas (50%)

D) Sementes lisas (75%) e rugosas (25%)

E) Sementes lisas (25%) e rugosas (75%)

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) O heredograma a seguir foi feito ao se estudar uma característica que ocorria em determinada família.

Em relação ao heredograma, todas as alternativas estão corretas, **EXCETO**

A) A proporção fenotípica esperada na descendência de II-5 e II-6 é de 1 normal : 1 afetado.

B) A ocorrência e transmissão do caráter não é influenciada pelo sexo.

C) Os indivíduos normais representados no heredograma são homozigotos.

D) O casamento de III-1 e III-5 não implicará no nascimento de crianças afetadas.

E) A chance de nascer outra criança afetada do casamento de II-1 e II-2 é de 50%.

02. (UFMG) O heredograma a seguir refere-se a uma característica controlada por um único par de genes (**A** e **a**).

Em relação a essa característica, é **ERRADO** afirmar que

A) a descendência do casamento II-1 x II-2 indica que o caráter representado por ■ e por ● é devido a um gene recessivo.

B) os genótipos de II-1, III-2 e III-4 são, respectivamente, **AA**, **aa** e **Aa**.

C) se IV-2 se casar com uma mulher de mesmo fenótipo, seus filhos terão todos o mesmo genótipo.

D) o esperado, para a descendência do casamento III-3 x III-4, é que a metade dos indivíduos seja homozigota e a outra metade, heterozigota.

E) na quarta geração, há pelo menos dois indivíduos homozigotos.

03. (FUVEST-SP) O gene autossômico que condiciona pelos curtos no coelho é dominante em relação ao gene que determina pelos longos. Do cruzamento entre coelhos heterozigotos, nasceram 480 coelhinhos, dos quais 360 tinham pelos curtos. Entre esses coelhinhos de pelos curtos, o número esperado de heterozigotos é

A) 180

B) 240

C) 90

D) 120

04. (VUNESP–SP) A talassemia é uma doença hereditária que resulta em anemia. Indivíduos homozigotos $\mathbf{T^MT^M}$ apresentam a forma mais grave, identificada como talassemia maior, e os heterozigotos $\mathbf{T^MT^N}$ apresentam uma forma mais branda, chamada talassemia menor. Indivíduos homozigotos $\mathbf{T^NT^N}$ são normais.

Sabendo-se que todos os indivíduos com talassemia maior morrem antes da maturidade sexual, qual das alternativas a seguir representa a fração de indivíduos adultos, descendentes do cruzamento de um homem e de uma mulher portadores de talassemia menor, que serão anêmicos?

A) 1/2

B) 1/4

C) 1/3

D) 2/3

E) 1/8

05. (UFMG)

Cruzamento efetuado em certa espécie de inseto

	Cruzamentos	Descendentes
1	♂ de asas vermelhas ♀ de asas amarelas	15 de asas alaranjadas
2	♂ de asas amarelas ♀ de asas alaranjadas	5 de asas amarelas 6 de asas alaranjadas
3	♂ de asas alaranjadas ♀ de asas alaranjadas	5 de asas alaranjadas 3 de asas amarelas 2 de asas vermelhas

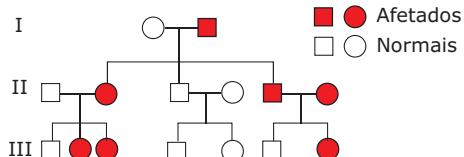
Considerando o caráter relacionado na tabela, que alternativa está **ERRADA**?

A) O macho do cruzamento 2 é homozigoto.

B) 50% dos descendentes do cruzamento 3 são heterozigotos.

C) Todos os descendentes do cruzamento do macho de 2 com a fêmea de 1 deverão apresentar um único genótipo e um único fenótipo.

D) Poderiam ter nascido indivíduos de asas vermelhas no cruzamento 2.

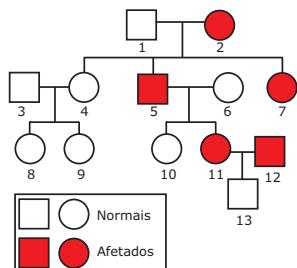
E) Entre os descendentes do cruzamento 3, cada fenótipo corresponde a um genótipo diferente.

06. (UFU-MG) Na espécie humana, a calvície é uma característica determinada por um gene autossômico influenciado pelo sexo, o qual é dominante nos homens e recessivo nas mulheres.

Considerando-se o gene **C** responsável pela calvície, e o seu alelo **C'**, pela ausência da calvície, analise o texto a seguir.

Uma mulher não calva (1), filha de um homem calvo (2) e de uma mulher calva (3), casa-se com um homem (4) de genótipo igual ao seu. A mulher (1) e o homem (4) têm uma filha não calva (5).

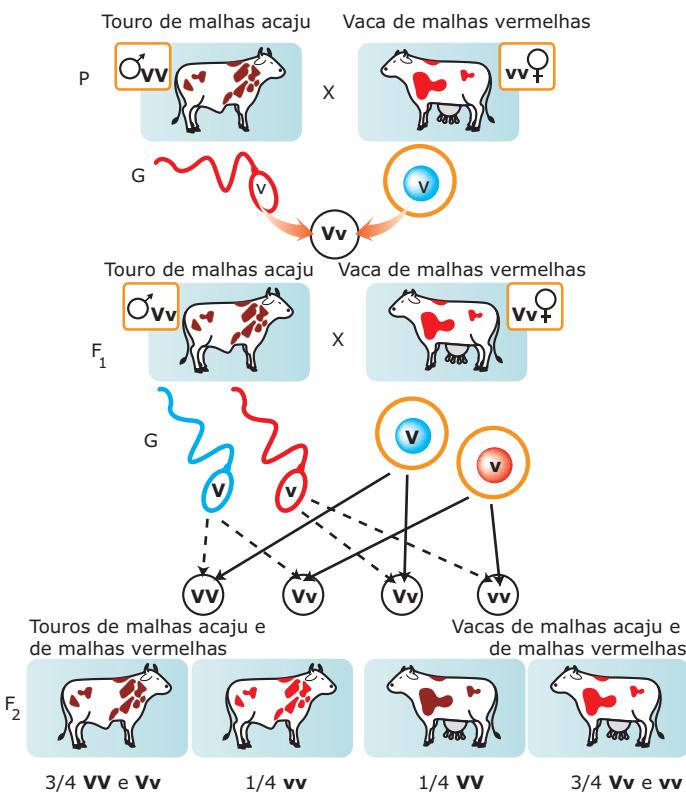
Os possíveis genótipos dos indivíduos 1, 2 e 5 são, respectivamente,

A) **CC** ou **CC'**; **C'C'**; **C'C'**
B) **CC'**; **C'C'**; **CC**
C) **CC** ou **CC'**; **CC'**; **CC'** ou **C'C'**
D) **CC'**;**CC**; **CC'**
E) **CC'**;**CC'**;**CC'** ou **C'C'**

07. (PUC Minas) O heredograma a seguir representa uma anomalia autossômica denominada polidactilia, em que os indivíduos afetados apresentam mais de 5 dedos.

A probabilidade de II-5 e II-6 terem uma criança do sexo feminino e normal é

A) 1/2 B) 1/3 C) 1/4 D) 1/6

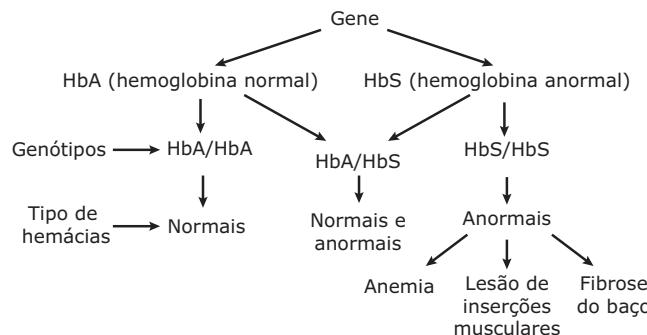
08. (PUC Minas) A doença de Huntington (DH) é uma doença hereditária autossômica neurodegenerativa, que se caracteriza por uma demência e descoordenação motora progressiva devido à perda prematura de neurônios específicos do sistema nervoso central. Ela normalmente se manifesta em indivíduos após a idade reprodutiva e, mesmo que apenas um dos progenitores seja afetado por essa doença, a chance de os filhos serem também afetados é de 50%.

A genealogia a seguir foi montada para o acompanhamento de DH em uma família.

Analisando-se a genealogia e as informações anteriores, é correto afirmar, **EXCETO**

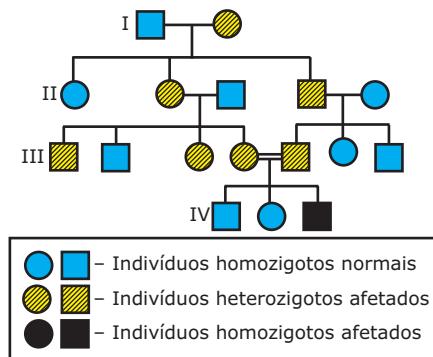
A) Indivíduos heterozigotos são sempre afetados por esse caráter.
B) O gene que determina esse caráter não está presente no cromossomo X.
C) A chance de o casal 11 x 12 ter uma filha normal é de 1/8.
D) O cruzamento dos indivíduos 13 e 9 pode produzir 1/4 de descendentes afetados.

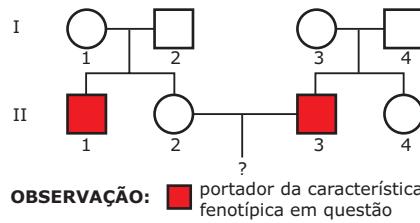
09. (UFV-MG) Frutos com fenótipo "Violeta" são os únicos resultantes de herança do tipo dominância incompleta entre cruzamentos de plantas com fruto "Roxo" e plantas com fruto "Branco". Foram obtidas, de um cruzamento entre heterozigotas, 48 plantas. Espera-se que a proporção fenotípica do fruto entre as plantas descendentes seja

A) Violeta (0); Roxo (36); Branco (12).
B) Violeta (12); Roxo (24); Branco (12).
C) Violeta (24); Roxo (12); Branco (12).
D) Violeta (36); Roxo (12); Branco (0).
E) Violeta (48); Roxo (0); Branco (0).

10. (UFMG) Analise a figura.

Do cruzamento de um touro com uma vaca, ambos apresentando malhas vermelhas e pertencentes a F_2, obteve-se uma descendência constituída de 100% de vacas de malhas vermelhas, 50% de touros apresentando malhas acaju e 50% apresentando malhas vermelhas.

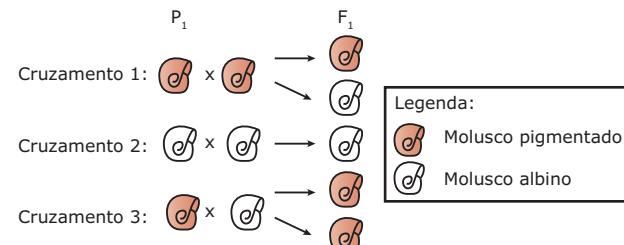
Os genótipos prováveis do touro e da vaca envolvidos nesse cruzamento são, respectivamente,

	Touro	Vaca
A)	**VV**	**Vv**
B)	**VV**	**vv**
C)	**Vv**	**vv**
D)	**vv**	**vv**
E)	**vv**	**Vv**

11. (UFMG) Observe o esquema.

Com base nesse esquema e em conhecimentos sobre o assunto, é **CORRETO** afirmar que

A) o gene HbA é dominante sobre o gene HbS.
B) os indivíduos HbA/HbS e HbS/HbS devem apresentar os mesmos níveis de hemoglobina anormal.
C) os indivíduos que produzem só hemácias anormais podem ser curados por meio de transfusão sanguínea.
D) um determinado genótipo pode produzir diferentes fenótipos.

12. (PUC Minas–2007) Analise o heredograma para um fenótipo recessivo esquematizado a seguir e assinale a afirmativa **INCORRETA**.

A) As pessoas afetadas possuem pelo menos um dos pais obrigatoriamente afetado.
B) Aproximadamente 1/4 das crianças de pais não afetados pode ser afetado.
C) O fenótipo ocorre igualmente em ambos os sexos.
D) Se um dos pais é heterozigoto, o alelo recessivo pode ser herdado por descendentes fenotipicamente normais.

13. (UNIFAL-MG–2009) O heredograma a seguir representa indivíduos de uma família na qual há uma característica fenotípica transmitida por meio de herança autossômica recessiva.

Com relação aos dados apresentados, a probabilidade de o casal II.2 e II.3 ter uma filha homozigota recessiva para a característica fenotípica em questão é

A) de 1/6.
B) de 1/3.
C) de 1/4.
D) zero.

14. (Unicamp-SP) Em experimento, feito no início do século, dois pesquisadores retiraram os ovários de uma cobaia albina e implantaram-lhe um ovário obtido de uma cobaia preta. Mais tarde, o animal foi cruzado com um macho albino e deu origem a uma prole toda preta.

A) Sabendo-se que o albinismo é uma característica recessiva, como você explica esse resultado?
B) **INDIQUE** os genótipos da fêmea preta e da prole.
C) Se fosse possível implantar os pelos da fêmea preta na fêmea albina, em vez de transplantar o ovário, o resultado seria o mesmo? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

15. (UFMG) Analise os esquemas.

A) Os fenótipos dos descendentes (F_1), observados nos cruzamentos 1 e 2, permitem concluir o tipo de herança do caráter albino.

DÊ o nome desse tipo de herança.

B) O indivíduo pigmentado pertencente a F_1 do cruzamento 3 reproduz-se por autofecundação.

INDIQUE os fenótipos e as respectivas proporções esperadas na sua descendência.

C) Por meio de um processo de fecundação cruzada, observou-se, no molusco *Biomphalaria*, o fenômeno esquematizado a seguir.

Legenda:
Espermatozoide contendo gene que condiciona produção de pigmento.
Espermatozoide contendo gene que não condiciona produção de pigmento.

C.1. **CITE** o(s) fenótipo(s) que é(são) esperado(s) na descendência resultante da autofecundação do indivíduo B.

C.2. O aparecimento de indivíduos pigmentados, na descendência do indivíduo C, evidencia que, diferentemente da maioria dos outros seres vivos, existe, no aparelho reprodutor desses moluscos, um órgão com função específica.

EXPLICITE a função desse órgão.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2009 / ANULADA) Mendel cruzou plantas de ervilha com flores vermelhas e plantas puras com flores brancas, e observou que todos os descendentes tinham flores vermelhas. Nesse caso, Mendel chamou a cor vermelha de dominante e a cor branca de recessiva. A explicação oferecida por ele para esses resultados era de que as plantas de flores vermelhas da geração inicial (P) possuíam dois fatores dominantes iguais para essa característica (**VV**), e as plantas de flores brancas possuíam dois fatores recessivos iguais (**vv**). Todos os descendentes desse cruzamento, a primeira geração de filhos F1, tinham um fator de cada progenitor e eram **Vv**, combinação que assegura a cor vermelha nas flores.

Tomando-se um grupo de plantas cujas flores são vermelhas, como distinguir aquelas que são **VV** das que são **Vv**?

A) Cruzando-se entre si, é possível identificar as plantas que têm o fator **v** na sua composição pela análise de características exteriores dos gametas masculinos, os grãos de pólen.

B) Cruzando-se com plantas recessivas, de flores brancas. As plantas **VV** produzirão apenas descendentes de flores vermelhas, enquanto as plantas **Vv** podem produzir descendentes de flores brancas.

C) Cruzando-se com plantas de flores vermelhas da geração P. Os cruzamentos com plantas **Vv** produzirão descendentes de flores brancas.

D) Cruzando-se entre si, é possível que surjam plantas de flores brancas. As plantas **Vv** cruzadas com outras **Vv** produzirão apenas descendentes vermelhas, portanto as demais serão **VV**.

E) Cruzando-se com plantas recessivas e analisando as características do ambiente onde se dão os cruzamentos, é possível identificar aquelas que possuem apenas os fatores **V**.

02. (Enem–2009 / ANULADA) Anemia falciforme é uma das doenças hereditárias mais prevalentes no Brasil, sobretudo nas regiões que receberam maciços contingentes de escravos africanos. É uma alteração genética, caracterizada por um tipo de hemoglobina mutante designada por hemoglobina **S**. Indivíduos com essa doença apresentam eritrócitos com formato de foice, daí o seu nome. Se uma pessoa recebe um gene do pai e outro da mãe para produzir a hemoglobina **S**, ela nasce com um par de genes **SS** e assim terá a anemia falciforme. Se receber de um dos pais o gene **S** e do outro o gene para a hemoglobina **A**, ela não terá a doença, apenas o traço falciforme (**AS**), e não precisará de tratamento especializado. Entretanto deverá saber que, se vier a ter filhos com uma pessoa que também herdou o traço, eles poderão desenvolver a doença.

Disponível em: http://www.opas.org.br. Acesso em: 02 mai. 2009. (Adaptação).

Dois casais, ambos membros heterozigotos do tipo **AS** para o gene da hemoglobina, querem ter um filho cada. Dado que o casal é composto por pessoas negras e o outro por pessoas brancas, a probabilidade de ambos os casais terem filhos (um para cada casal) com anemia falciforme é igual a

A) 5,05%

B) 6,25%

C) 10,25%

D) 18,05%

E) 25,00%

GABARITO

Fixação

01. B 02. A 03. C 04. B 05. C

Propostos

01. A
02. B
03. B
04. D
05. D
06. E
07. D
08. D
09. C
10. E
11. D
12. B
13. A
14. A) Os gametas produzidos pela fêmea albina continham o alelo para pelagem preta, pois foram produzidos pelo ovário proveniente de uma cobaia preta.
    B) Fêmea preta: **AA**, prole: **Aa**.
    C) Não, pois ela continuaria produzindo gametas portadores do alelo determinante de pelagem albina e a prole, consequentemente, teria descendentes albinos.
15. A) Herança recessiva.
    B) Pigmentados e albinos na proporção de 3:1.
    C) C.1. 100% de albinos.
       C.2. O órgão, denominado espermateca ou receptáculo seminal, tem a função de armazenar os espermatozoides recebidos de um outro indivíduo.

Seção Enem

01. B 02. B

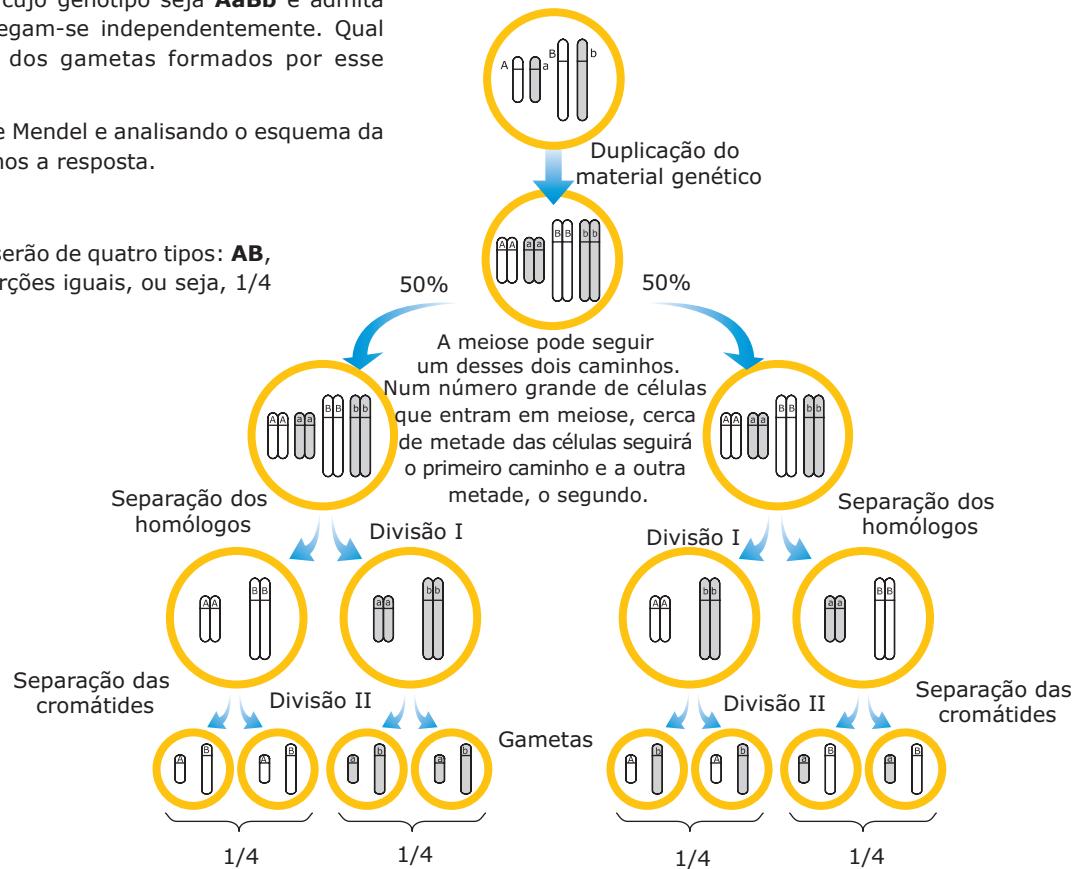
BIOLOGIA

MÓDULO 04 FRENTE D

2ª Lei de Mendel

Quando são analisadas características determinadas por apenas um par de genes alelos, ou seja, quando há no genótipo apenas um par de genes alelos, está-se diante de uma situação de **monoibridismo**. Ao observar simultaneamente características determinadas por dois pares de genes alelos, fala-se em **di-hibridismo**; se forem analisadas simultaneamente características determinadas por três pares de genes alelos, haverá um **tri-hibridismo**, e assim por diante. Analisando-se, ao mesmo tempo, características determinadas por vários pares de genes alelos, fala-se em **poli-hibridismo**.

Quando dois ou mais pares de genes alelos estiverem localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, tem-se um caso de **segregação independente**. A transmissão das características condicionadas por dois ou mais pares de genes que se segregam independentemente obedece à **2ª Lei de Mendel**.

2ª LEI DE MENDEL

Conhecida também por lei da segregação independente dos fatores, a 2ª Lei de Mendel pode ser assim enunciada: **Fatores (genes) que condicionam dois ou mais caracteres segregam-se (separam-se) independentemente durante a formação dos gametas (gametogênese), recombinando-se ao acaso, de maneira a estabelecer todas as possíveis combinações entre si**.

Assim como acontece com a 1ª Lei, a explicação e a compreensão da 2ª Lei de Mendel são dadas pela meiose. Imagine um indivíduo cujo genótipo seja **AaBb** e admita que esses genes segregam-se independentemente. Qual a constituição gênica dos gametas formados por esse indivíduo?

Aplicando a 2ª Lei de Mendel e analisando o esquema da figura ao lado, obteremos a resposta.

Resposta:

Os gametas formados serão de quatro tipos: **AB**, **ab**, **Ab** e **aB** em proporções iguais, ou seja, 1/4 (25%) de cada.

Duplicação do material genético

50%

50%

A meiose pode seguir um desses dois caminhos. Num número grande de células que entram em meiose, cerca de metade das células seguirá o primeiro caminho e a outra metade, o segundo.

Separação dos homólogos

Divisão I

Divisão I

Separação dos homólogos

Separação das cromátides

Divisão II

Divisão II

Separação das cromátides

Gametas

1/4

1/4

1/4

1/4

Di-hibridismo com segregação independente

Quando se analisam simultaneamente as características condicionadas por dois pares de genes alelos localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, temos uma situação de di-hibridismo com segregação independente. Nesse caso, a transmissão desses genes e as respectivas características que determinam obedecem à 2ª Lei de Mendel.

Veja a seguir um exemplo de aplicação da 2ª Lei de Mendel no di-hibridismo com segregação independente.

Em ervilhas, o gene **V** condiciona a formação de sementes amarelas, enquanto o seu alelo **v** determina a formação de sementes de cor verde; o gene **R** é responsável pelo aspecto liso das sementes, enquanto o seu alelo **r** condiciona a formação de sementes de aspecto rugoso. Considerando-se que entre os genes **V** e **v** e entre os genes **R** e **r** existe uma dominância absoluta e que esses dois pares de genes segregam-se independentemente, pergunta-se: quais os fenótipos e respectivas proporções esperadas para os descendentes do cruzamento de duas ervilhas, ambas de sementes amarelas e lisas, duplamente heterozigotas?

Resolução:

As ervilhas cruzadas, sendo de sementes amarelas e lisas, duplamente heterozigotas, têm os seguintes genótipos: **VvRr** e **VvRr**, formando, cada uma, os seguintes tipos de gametas: **VR**, **Vr**, **vR** e **vr**.

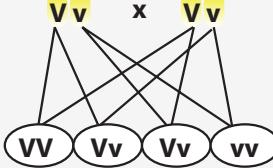
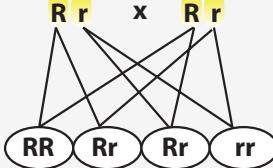
Fazendo-se as combinações possíveis entre os gametas formados pelas duas ervilhas, encontra-se o seguinte:

Gametas	VR (1/4)	Vr (1/4)	vR (1/4)	vr (1/4)
VR (1/4)	VVRR (1/16)	VVRr (1/16)	VvRR (1/16)	VvRr (1/16)
Vr (1/4)	VVRr (1/16)	VVrr (1/16)	VvRr (1/16)	Vvrr (1/16)
vR (1/4)	VvRR (1/16)	VvRr (1/16)	vvRR (1/16)	vvRr (1/16)
vr (1/4)	VvRr (1/16)	Vvrr (1/16)	vvRr (1/16)	vvrr (1/16)

O genograma mostra que existem 16 combinações possíveis entre os gametas das duas ervilhas. A análise dos diferentes genótipos obtidos permite o estabelecimento da seguinte relação entre os descendentes desse cruzamento:

- Sementes amarelas e lisas = **VVRR** (1/16) + **VVRr** (2/16) + **VvRR** (2/16) + **VvRr** (4/16) = 9/16

  (1/16 + 2/16 + 2/16 + 4/16 = 9/16)

- Sementes amarelas e rugosas = **VVrr** (1/16) + **Vvrr** (2/16) = 3/16

  (1/16 + 2/16 = 3/16)

- Sementes verdes e lisas = **vvRR** (1/16) + **vvRr** (2/16) = 3/16

  (1/16 + 2/16 = 3/16)

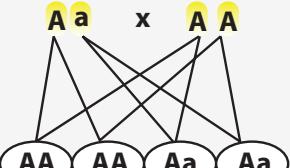
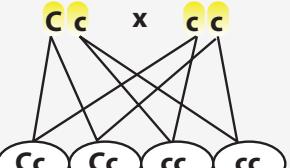
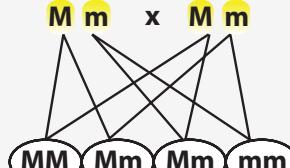
- Sementes verdes e rugosas = **vvrr** (1/16) = 1/16

Resposta:

Serão obtidos 9/16 de sementes amarelas e lisas, 3/16 de sementes amarelas e rugosas, 3/16 de sementes verdes e lisas e 1/16 de sementes verdes e rugosas. Pode-se também dizer que a proporção fenotípica esperada entre os descendentes é de 9:3:3:1. Esse mesmo resultado também pode ser obtido analisando-se separadamente as duas características em questão (cor das sementes e aspecto das sementes) e, no final, juntando as probabilidades encontradas separadamente, multiplicando-se uma pela outra, conforme mostra o esquema a seguir.

VvRr x VvRr	
Considerando apenas a característica cor das sementes, o cruzamento é:	Considerando apenas a característica textura da semente, o cruzamento é:
V v x V v → VV, Vv, Vv, vv	R r x R r → RR, Rr, Rr, rr
3/4 sementes amarelas 1/4 sementes verdes	3/4 sementes lisas 1/4 sementes rugosas
Juntando-se as probabilidades obtidas separadamente das duas características, temos: Sementes amarelas (3/4) e lisas (3/4) = (3/4) x (3/4) = 9/16 Sementes amarelas (3/4) e rugosas (1/4) = 3/16 Sementes verdes (1/4) e lisas (3/4) = 3/16 Sementes verdes (1/4) e rugosas (1/4) = 1/16	

OBSERVAÇÃO

Analisar as duas características separadamente, como se fossem casos isolados de monoibridismo e, no final, juntá-las é um recurso que só pode ser usado quando se estiver diante de um caso de segregação independente.

Tri-hibridismo com segregação independente

A análise simultânea de características determinadas por três pares de genes alelos, localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, consiste num caso de tri-hibridismo com segregação independente. A transmissão desses genes também obedece à 2ª Lei de Mendel. Veja o exemplo a seguir:

Um homem de genótipo **AaCcMm** casa-se com uma mulher cujo genótipo é **AAccMm**. Considere os seguintes dados: o gene **A** determina a pigmentação da pele, enquanto o seu alelo recessivo **a** é responsável pela apigmentação (albinismo); o gene **C** determina a formação de olhos escuros, enquanto o seu alelo recessivo **c** condiciona olhos claros; o gene **M** faz com que o indivíduo tenha uma visão normal, enquanto o seu alelo **m** condiciona a miopia. Considerando também que esses três pares de genes segregam-se independentemente, vamos responder qual é a probabilidade de o casal vir a ter uma criança pigmentada, de olhos claros e míope.

Resolução:

Como se trata um caso de segregação independente, podemos analisar separadamente as três características em questão e juntá-las ao final, conforme mostra o esquema:

AaCcMm x AAccMm		
Considerando apenas a característica pigmentação ou não da pele, temos o seguinte cruzamento:	Considerando apenas a característica olhos escuros ou claros, temos o seguinte cruzamento:	Considerando apenas a característica visão normal ou não, temos o seguinte cruzamento:
A a x A A → AA, AA, Aa, Aa	C c x c c → Cc, Cc, cc, cc	M m x M m → MM, Mm, Mm, mm
Pigmentado → 4/4 = 1 Apigmentado → 0 (zero)	Olhos escuros → 1/2 Olhos claros → 1/2	Visão normal → 3/4 Míope → 1/4
Juntando-se os resultados obtidos separadamente, a propabilidade de o casal ter uma criança pigmentada (1), de olhos claros (1/2) e míope (1/4) será: 1 . 1/2 . 1/4 = 1/8.		

Para os casos de segregação independente envolvendo a participação de mais de três pares de genes alelos, isto é, casos de **poli-hibridismo**, procede-se de maneira semelhante ao que foi feito para o di e o tri-hibridismo.

A partir do conhecimento do genótipo, pode-se calcular rapidamente o número de tipos de gametas que o indivíduo produz por meio da seguinte fórmula: **n.º gametas = 2^n**, em que **n** representa o número de caracteres portadores de genótipos heterozigotos. Veja os exemplos:

Indivíduos Aa	Há apenas um genótipo heterozigoto: **Aa**. Portanto, n = 1. Logo, o número de tipos de gametas será: $2^1 = 2$. O indivíduo, então, formará 2 tipos de gametas: **A** e **a**.
Indivíduos AaBb	Existem dois genótipos heterozigotos: **Aa** e **Bb**. Portanto, n = 2. Logo, o número de tipos de gametas será: $2^2 = 4$. **AB**, **Ab**, **aB** e **ab**.
Indivíduos AaBBCcDd	Existem três genótipos heterozigotos: **Aa**, **Cc** e **Dd**. Portanto, n = 3. Logo, o número de gametas será: $2^3 = 8$. Assim, o indivíduo formará 8 tipos de gametas: **ABCD**, **ABCd**, **ABcD**, **ABcd**, **aBCD**, **aBCd**, **aBcD**, **aBcd**.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Qual a alternativa em que o genótipo indicado está **CORRETAMENTE** relacionado ao tipo de gameta produzido?

A) **Aabb** → **A**, **a**, **b**

B) **AAbb** → **AA**, **Ab**, **bb**

C) **AaBb** → **Aa**, **Bb**

D) **aaBB** → **aB**, **aa**, **BB**

E) **aaBb** → **aB**, **ab**

02. (UFMG) Numa espécie vegetal, o caráter flor branca (**V**) é dominante sobre flor vermelha (**v**); o caráter flor axilar (**T**) é dominante sobre flor terminal (**t**). Do cruzamento entre plantas de flores brancas e terminais com plantas de flores vermelhas e axilares, resultou a seguinte descendência:

1/4 de indivíduos com flores brancas e axilares,

1/4 de indivíduos com flores brancas e terminais,

1/4 de indivíduos com flores vermelhas e axilares,

1/4 de indivíduos com flores vermelhas e terminais.

Os genótipos dos pais, no cruzamento, eram

A) **Vvtt** e **vvTt**.

B) **VvTt** e **vvtt**.

C) **VvTt** e **VvTt**.

D) **vvTt** e **VvTt**.

E) **VVtt** e **vvTT**.

Observação:

Flores axilares são aquelas que se dispõem ao longo dos ramos e flores terminais, aquelas que só aparecem na porção final dos ramos.

03. (PUC-Campinas-SP) Qual é a probabilidade de um casal duplo heterozigoto para dois pares de genes autossômicos com segregação independente vir a ter um descendente com apenas uma característica dominante?

A) 15/16

B) 9/16

C) 6/16

D) 3/16

E) 1/16

04. (FUVEST-SP) O cruzamento entre duas linhagens de ervilhas, uma com sementes amarelas e lisas (**VvRr**) e outra com sementes amarelas e rugosas (**Vvrr**), originou 800 indivíduos. Quantos indivíduos devem ser esperados para cada um dos fenótipos indicados na tabela?

	Amarelas lisas	Amarelas rugosas	Verdes lisas	Verdes rugosas
A)	80	320	320	80
B)	100	100	300	300
C)	200	200	200	200
D)	300	300	100	100
E)	450	150	150	50

05. (UFU-MG) Em experimentos envolvendo três características independentes (tri-hibridismo), se for realizado um cruzamento entre indivíduos **AaBbCc**, a frequência de descendentes **AABbcc** será igual a

A) 8/64

B) 1/16

C) 3/64

D) 1/4

E) 1/32

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFLA-MG) Considere a segunda Lei de Mendel ou lei da distribuição independente e indique os gametas produzidos pelo genótipo **aaBbccDdEE**.

A) **a**; **B**; **b**; **c**; **D**; **d**; **E**.

B) **aBcDE**; **aBcdE**; **abcDE**; **abcdE**.

C) **aa**; **Bb**; **cc**; **Dd**; **EE**.

D) **aaBb**; **ccDd**; **aaEE**; **BbDd**.

E) **aB**; **bc**; **cD**; **dE**.

02. (UFSCar-SP–2007) Suponha um organismo diploide, 2n = 4, e a existência de um gene **A** em um dos pares de cromossomos homólogos e de um gene **B** no outro par de homólogos. Um indivíduo heterozigótico para os dois genes formará

A) 2 tipos de gametas na proporção 1:1.

B) 2 tipos de gametas na proporção 3:1.

C) 4 tipos de gametas nas proporções 9:3:3:1.

D) 4 tipos de gametas nas proporções 1:1:1:1.

E) 4 tipos de gametas na proporção 1:2:1.

03. (FCC-SP) Sabendo-se que **A** e **B** são genes que se segregam independentemente e que **A** e **B** são dominantes sobre seus alelos **a** e **b**, a proporção de fenótipos esperados para os descendentes do cruzamento **AaBb** x **AAbb** é

A) 1:1

B) 1:2:1

C) 3:1

D) 1:1:1:1

E) 9:3:3:1

04. (UFES) Em ervilhas, a vagem verde (**A**) domina sobre a vagem amarela (**a**), e a planta alta (**B**) domina sobre a planta baixa (**b**). O cruzamento-teste de 100 plantas de vagens verdes e altas produziu 25 descendentes de vagens verdes e altas; 25 descendentes de vagens amarelas e altas; 25 descendentes de vagens verdes e baixas e 25 descendentes de vagens amarelas e baixas. O genótipo das plantas de vagens verdes e altas, submetidas ao cruzamento-teste, é

A) **AABB**

B) **AABb**

C) **AaBb**

D) **aaBB**

E) **aabb**

05. (PUC-SP) Na espécie humana, a sensibilidade ao PTC (feniltiocarbamida) é devido a um gene dominante **I** e a insensibilidade é condicionada pelo alelo recessivo *i*. A habilidade para o uso da mão direita é condicionada por um gene dominante **E**, e a habilidade para o uso da mão esquerda é determinada pelo alelo recessivo **e**. Um homem destro e sensível, cuja mãe era canhota e insensível ao PTC, casa-se com uma mulher canhota e sensível ao PTC, cujo pai era insensível. A probabilidade de o casal ter uma criança destra e sensível é de

A) 1/2

B) 1/4

C) 3/4

D) 1/8

E) 3/8

06. (UFMG) Um indivíduo de genótipo **AaBbEe** deve ter se originado da combinação gamética indicada em

A) **AaB** + **bEe**

B) **AaE** + **Bbe**

C) **ABb** + **aEe**

D) **ABe** + **abE**

E) **AEe** + **aBb**

07. (Unifor-CE) Em certa espécie vegetal, o gene **B** condiciona plantas altas, e seu alelo recessivo **b** condiciona plantas baixas. O gene **A** condiciona flores brancas e é dominante sobre o gene **a** que condiciona flores amarelas. Cruzaram-se entre si plantas altas com flores brancas, heterozigotas para ambos os pares de genes, e obtiveram-se 320 descendentes. Desses, espera-se que o número de plantas baixas com flores brancas seja igual a

A) 20

B) 60

C) 180

D) 240

E) 320

08. (ESAN-SP) Considere um gene autossômico **T**, localizado num determinado cromossomo, e o gene autossômico **z** recessivo, localizado em qualquer outro cromossomo. Sabendo-se que **T** é letal na fase embrionária quando em homozigose, qual a proporção fenotípica esperada entre os descendentes viáveis do cruzamento de uma fêmea heterozigótica para esses dois pares de genes com um macho de igual composição genotípica?

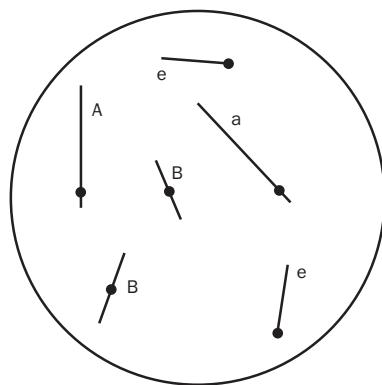
A) 9:4

B) 9:3:3:1

C) 13:1

D) 6:2:3:1

E) 3:3:3:1

BIOLOGIA

09. (UCSal-BA) Em cobaias, o gene dominante **B** condiciona pelos pretos, e o seu alelo recessivo **b**, pelos brancos; o gene dominante **L** determina pelos curtos, e o seu alelo recessivo **l**, pelos longos. Esses pares de genes apresentam segregação independente. O procedimento mais indicado para determinar o genótipo de uma cobaia de pelos pretos e curtos é cruzá-la com uma cobaia:

A) **bbLL**
B) **BBℓℓ**
C) **BBLℓ**
D) **bbℓℓ**

10. (FCC-SP) Os genes **A**, **B**, **C** e **D** são dominantes sobre seus alelos **a**, **b**, **c** e **d** e segregam-se independentemente. Entre os descendentes do cruzamento de indivíduos heterozigotos para as quatro características, qual é a proporção esperada de indivíduos que apresentam pelo menos um caráter dominante?

A) 255/256
B) 81/256
C) 1/256
D) 3/4

11. (UFMG) Observe o esquema de uma célula diploide de um organismo resultante da fecundação ocorrida entre dois gametas normais.

Os gametas que originaram esse organismo deveriam ter os genótipos indicados em

A) **AaB** + **Bee**
B) **AAe** + **aBB**
C) **Aae** + **BBe**
D) **ABe** + **Abe**
E) **ABe** + **aBe**

12. (FUVEST-SP) Uma abelha rainha tem os seguintes pares de alelos que se segregam independentemente: **AaBbDdEe**. Sabendo-se que os zangões surgem de óvulos que se desenvolvem por partenogênese, quantos genótipos diferentes, relativos a esses quatro pares de alelos, podem apresentar os zangões filhos dessa rainha?

A) Um
B) Dois
C) Quatro
D) Oito
E) Dezesseis

13. (UFSC) Considerando o indivíduo Y, com o genótipo **AaBb**, e o indivíduo X, com o genótipo **aaBb**, é **VÁLIDO** supor que

01. o indivíduo X produzirá 3 tipos de gametas diferentes.
02. o indivíduo Y produzirá 4 tipos de gametas diferentes.
04. do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos homozigotos para os alelos **A** e **B**, simultaneamente.
08. do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos homozigotos para os alelos **a** e **b**, simultaneamente.
16. do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos duplo-heterozigotos.
32. do cruzamento de X com Y, esperamos que a metade dos indivíduos seja **Aa** e **a** outra metade, aa.

Dê como resposta a soma dos números das alternativas **CORRETAS**: ____________

14. (UFMG) Um pesquisador, trabalhando com abelhas, descobriu que um interessante padrão de comportamento com relação à higiene das colmeias é controlado por dois pares de alelos recessivos. Duas raças de abelhas estudadas diferem no comportamento higiênico. Numa das raças, higiênica, as operárias abrem os compartimentos da colmeia que contêm pupas mortas e as retiram de lá. Na outra raça, não higiênica, os compartimentos permanecem fechados e, mesmo quando acidentalmente abertos, as pupas mortas não são deles retiradas. Do cruzamento das duas raças, podem aparecer indivíduos higiênicos, que realizam as duas atividades, não higiênicos, que não realizam nenhuma das duas atividades, e indivíduos que realizam uma atividade ou outra.

Considerando o gene **a** para a abertura do compartimento e **b** para a remoção da pupa morta, responda:

I. Rainhas higiênicas homozigotas para os dois genes, cruzadas com zangões não higiênicos, produzem, na F_1, operárias não higiênicas.

PREENCHA o quadro:

	Genótipo
Rainha	
Zangão	
♂F1	
♀F1	

II. Considerando-se o cruzamento de rainhas heterozigotas para os dois genes com zangões higiênicos, responda:

A) Quais os tipos possíveis de gametas formados pelos indivíduos parentais?

B) **DÊ** os fenótipos esperados na descendência, com relação aos tipos de atividades controladas pelos dois pares de genes.

SEÇÃO ENEM

01. A tabela a seguir mostra as características relacionadas com três pares de genes alelos autossômicos que se segregam independentemente de acordo com a 2ª Lei de Mendel.

Característica	Alelo dominante	Alelo recessivo
Habilidade manual	**C** (destro)	**c** (canhoto)
Visão	**M** (normal)	**m** (míope)
Sensibilidade ao PTC	**I** (sensível)	**i** (insensível)

Considerando o cruzamento (♂)**CcMmIi** X (♀)**ccMMii**. Não considerando a possibilidade de ocorrência de mutações, é correto dizer que o casal em questão

A) não tem probabilidade de ter filhos míopes.

B) não tem probabilidade de ter filhos com habilidade com a mão esquerda.

C) não tem probabilidade de ter filhos insensíveis ao PTC.

D) tem 25% de probabilidade de ter filhos destros, míopes e insensíveis ao PTC.

E) tem 50% de probabilidade de ter um filho destro, de visão normal e sensível ao PTC.

02. Suponha que em um concurso de cães foram analisadas duas características genéticas condicionadas por genes dominantes (A e B) que se segregam independentemente. O homozigoto para essas duas características recebe mais pontos que os heterozigotos e estes, mais pontos que os duplo recessivos, que ganham nota zero. Um criador, desejando participar do concurso, cruzou um macho e uma fêmea, ambos heterozigotos para os dois pares de genes, obtendo uma descendência com todos os genótipos possíveis. Considerando que todos os descendentes do referido cruzamento participaram do concurso, e que cada gene dominante no genótipo contribui com 5 pontos na premiação, os cães classificados em penúltimo lugar receberam

A) 0 (zero) ponto.

B) 5 pontos.

C) 10 pontos.

D) 15 pontos.

E) 20 pontos.

GABARITO

Fixação

01. E

02. A

03. C

04. D

05. E

Propostos

01. B

02. D

03. A

04. C

05. E

06. D

07. B

08. D

09. D

10. A

11. E

12. E

13. Soma = 58

14. I.

	Genótipo
Rainha	**aabb**
Zangão	**AB**
♂F1	**ab**
♀F1	**AaBb**

II. A) Rainha: **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**;

Zangão: **ab**.

B) Indivíduos higiênicos, indivíduos não higiênicos e indivíduos que realizam apenas uma das duas atividades (uma atividade ou outra).

Seção Enem

01. A

02. B

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M; MARTHO, G.R. *Biologia das células*. São Paulo: Moderna, 2002.

AMABIS, J. M; MARTHO, G.R. *Biologia dos organismos*. São Paulo: Moderna, 2002.

AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. *Biologia das populações*. São Paulo: Moderna, 2002.

AVANCINI, E; FAVARETTO, J. A. *Biologia:* uma abordagem evolutiva e ecológica. São Paulo: Moderna, 1997, v. 2.

BIER, O. *Bacteriologia e imunologia*. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1975.

BURN, G. W; BOTTINO, P. J. *Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

CARVALHO, H. C. *Genética Programada*. Belo Horizonte: Vega, 1970.

CÉSAR e SEZAR. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2002, v. 1, 2 e 3.

COMISSÃO ESTADUAL DE PREVENÇÃO DA CÓLERA. Informe técnico - Cólera. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais, 1991, nº 12.

CONN, E; STUMPF, P.K. *Introdução à bioquímica*. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

CURTIS, H. *Biologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977.

DE ROBERTIS, E.D.P. *Biologia celular*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1972.

FROTA-PESSOA, Oswaldo. *Os caminhos da vida III:* genética e evolução. São Paulo: Scipione, 2001.

GAINOTTI, A; MODELLI, A. *Biologia para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.

GIANNELA, F. J. “Aids: o mal do século”. In: *Vida integral*. São Paulo, ano V, nº 58, abril, 1987.

GUIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. Viroses emergentes. Brasília: Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde, 1998.

JAWETS, E. *et al. Microbiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1974.

JUNQUEIRA; CARNEIRO. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

JUNQUEIRA; CARNEIRO. *Histologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KARLSON, P. *Bioquímica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1970.

LEHNINGER, A. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Servier, 1989.

LINHARES, S; GERWANDSZNAJDER, F. *Biologia hoje*. São Paulo: Ática, 2003, v. 1, 2 e 3.

LOPES, S. *Bio*. São Paulo: Saraiva, 2002, v. 1, 2 e 3.

MACHADO, S. *Biologia:* de olho no mundo do trabalho. São Paulo: Scipione, 2004.

MARCONDES, A. C; LAMMOGLIA, D. A. *Biologia – ciência da vida:* seres vivos. São Paulo: Atual, 1994.

OLIVEIRA, I. S.; WIELOCH, A. H. Testemunhas da evolução. In: *Ciência Hoje*, nº 246, março de 2008, p. 66.

PAULINO, W. R. *Biologia atual*. São Paulo: Ática, 2002, v. 1, 2 e 3.

PURVES, W; SADAVA, D; ORIANS, G; HELLER, H. *Vida:* a ciência da biologia. Porto Alegre: Artemed, 2002.

REVISTA CANAL SAÚDE. Campanha Nacional de Vacinação. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, maio/junho de 2002.

REVISTA CIÊNCIA HOJE. v..31, nº 181, abril de 2002.

REVISTA CIÊNCIA HOJE. v. 38, nº 223, fevereiro de 2006.

REVISTA GLOBO CIÊNCIA. Supervírus. Rio de Janeiro: Globo, 1995, nº 46.

REVISTA ISTOÉ. Pneumonia asiática. São Paulo: Editora Três, nº 1749, abril de 2003.

REVISTA SÚMULA. A dengue. Rio de Janeiro: Programa Radis-Fundação Oswaldo Cruz, nº. 87, março de 2002.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. São Paulo: Abril, julho de 1996.

SOARES, J. L. *Biologia*. São Paulo: Scipione, 1997.

SUZUKI; GRIFFITHS; MILLER; LEWONTIN. *Introdução à genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

TRABULSI, L. R. *Microbiologia*. São Paulo: Atheneu, 1991.

UZUNIAN, A; BIRNER, E. *Biologia*. São Paulo: Harbra, 2004.

VASCONCELOS, J. L. F; GERWANDSZNAJDER, F. *Programa de saúde*. São Paulo: Ática, 1986.

VIEIRA, E. C; GAZZINELLI, G; MARES-GUIA, M. *Bioquímica celular e biologia molecular*. São Paulo: Atheneu, 1999.